

Der Bewegungsmechanismus der Erde

dargelegt am Bau der irdischen Gebirgssysteme

von

Dr. Rudolf Staub

Privatdozenten an der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich

Mit einer Erdkarte und 44 Textfiguren

Berlin

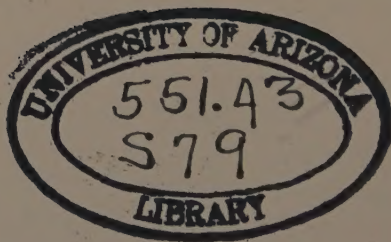
Verlag von Gebrüder Borntraeger

W 35 Schöneberger Ufer 12 a

1928

Alle Rechte,
insbesondere das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten

Copyright, 1928, by Gebrüder Borntraeger in Berlin



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Problemstellung	2
Kontraktionstheorie	2
Kontinentalverschiebungen	3
Bedeutung der jungen Gebirge	5
Plan der Darstellung	6
Einige allgemeine Begriffe	7
Gliederung und räumliche Differenzierung eines Orogens	7
Alpine Gebirge des Mittelmeeres	7
Gebirgstypen, Geosynklinalen, Vorland, Rückland	9
Phasen der Orogenese	11
Begleiterscheinungen der Orogenesen	14
Quergliederung des Orogens im westlichen Mittelmeer	17
Bewegungsrichtungen	18
Beugung, Scharung, Virgation, Kettung, Zwischengebirge	19
Die bisherigen Anschauungen über den Verlauf und die Gliederung der alpinen Gebirge und deren Entstehung	21
Synthese von SUESS	23
" " HAUG	24
" " KOBEL	25
" " WEGENER und ARGAND	27
Ansicht KOSSMATS	28
" R. STAUBS	29
I. Das alpine Kettensystem der Erde	30
A. Die alpinen Leitlinien der Alten Welt	30
Gliederung im Grundriß, Hauptsegmente	31
1. Die orogene Zone des Mittelmeeres	32
Geosynklinale Zentralketten	32
Gliederung derselben	33
Bemerkungen über den Apennin	34
Vor- und Rücklandgebirge	36
Spanien, Nordafrika, Südfrankreich, Jura	37
Zwischengebirge, deren Rolle und Gliederung	38
Osteuropa und Kleinasien	39
Kaukasus, Krim, Dobrudscha, Pontus, Walachei	39

	Seite
Vergleich mit dem europäischen Westen	41
Alpen und Karpathen	42
Stellung der Dobrudscha	45
Rücklandketten	46
Gliederung des europäischen Orogens	47
Symmetrie in der Anordnung und deren Ursachen	49
Alpines Außenland	52
Anomalien in den alpinen Contrecoups	53
Gliederung des Vorlandes	54
 2. Die alpinen Gebirge Asiens	 55
a) Der asiatische Westen bis zur Scharung von Pamir	55
Kaukasuszug und Armenien	56
Iranisches Hochland und Oman	57
Hochland von Pamir	57
Westsegment des Tianschansystems	58
Virgation des Tianschan	59
Alai, Struktur und Virgation	59
Bedeutung des russischen Blockes	61
b) Der asiatische Osten zwischen Pamir und dem Pazifik	62
Der Sektor Indiens	63
Alpidenfront, Kuenlun, Tarimbecken, Tsinglinschan	63
Himalaya	65
Indische Scharung	66
Tianschansystem	66
Die Gebirge Ostasiens	66
Vorlandketten	67
Ordos—Gr. Chingan	67
Sibirische Ketten	67
Altai—Gobi—Amur	68
Zentralorogen	68
Ostasiatische Inselbogen	69
Sunda-Archipel	70
Burma	70
Sumatra, Java, Borneo, Celebes	71
Masse von Kambodja	73
Philippinen, Molukken, Japan	73
Südchinesische Masse	75
Stellung der Marianen	76
Korea	77
Sichota-alin, Ochotsk, Amur	78
Sinische Masse	79
Zug nach Süden	80
Drehung Eurasiens	81
Nordostasien	83
Ostmalayische Inselwelt	84
Einfluß des Pazifik	85
Südliche Ketten	86
Vergleich mit Europa	87
Banda-Molukkensee	89
Pazifische Virgation	91

3. Die alpinen Leitlinien Australiens und der Ozeaniden	92
Gliederung	93
Grundplan	95
Intrapazifische Vorlandgebirge	95
4. Die pazifische Virgation der alpinen Ketten	96
Art der Teilung der Ketten	97
Ophiolithaxe, Penninikum, Ablösung desselben	98
Art und Ausmaß der pazifischen Virgation	99
Problemstellung für Amerika	100

B. Die alpinen Leitlinien Amerikas und der Antarktis 101

Bisherige Anschauung	101
Neue Anschauung	102
Zentralamerika	102
Trinidad—Venezuela, Beziehungen zu Afrika	102
Kleine Antillen	103
Große Antillen	104
Beziehungen zu Europa durch Fazies und Vorland	105
Nordandine Virgation	106
Virgationen auf Gr. Antillen und Guatemala	107
Karaibisches Meer und Panama	107
Scharung auf Haiti	108
Nicaragua—Costarica	108
Zentralamerikanische Virgation der mediterranen Ketten	109
Nordamerika	110
Rocky Mountains, Colorado, Alaska	110
Zwischengebirge	111
Geosynklinalketten	112
Bewegungsrichtung	112
Appalachensystem	113
Südamerika	114
Gliederung der andinen Ketten	114
Bewegungsrichtung	115
Südantillenbogen und Antarktis	116
Überblick und Ketten der Arktis	118

II. Das Gesamtbild der jungen Gebirge der Erde und der alpine Bewegungsmechanismus 120

Einheit des alpinen Systems der Erde	120
1. Gliederung des alpinen Systems der Erde	121
Gondwana—Laurasia, mediterrane Ketten	121
Pazifische Virgation und pazifischer Block	123
Übersicht und Grundeinheiten	124
2. Deutung der alpinen Leitlinien	125
Mediterranes Zentralsegment	125
Allgemeine Anlage	125
Atlantischer Ozean	127

	Seite
Gliederung des Atlantik	128
Analogien mit dem Osten	131
Gliederung des mediterranen Zentralsegmentes	132
Bewegungsgesetz: Aufeinanderrücken der Kontinente	134
Flanken des mediterranen Zentralsegmentes	134
Gondwanafront	134
Nordstoß zwischen Venezuela und Australien	135
Ostende Gondwanas	136
Südliches Amerika	137
Nordmarsch Gondwanas	138
Gondwanabogen und Vergleich mit Europa	139
Rolle des Nordkontinentes	140
Intrusion Gondwanas in Europa	140
Gegenaktion Laurasias und Folgen	141
Wirkungen und Rolle der Westdrift	142
Die Grundphänomene der alpinen Gebirgsbildung	146
3. Die zeitlichen Differenzierungen des alpinen Orogens	148
Gliederung und Widersprüche	149
Lösung derselben	150
III. Die Ursachen des alpinen Bewegungsmechanismus der Erde	153
1. Die Entstehung der Pazifischen Masse	153
Mechanisches Verhalten des Pazifischen Blockes	154
Zusammensetzung und Beschaffenheit des pazifischen Untergrundes	154
Geophysikalische Daten	154
Sal und Sima, Schalenbau der Erde	155
Steinschale, Zone basischer Magmen	156
Rolle und Auswirkung der magmatischen Differenziation	157
Irdisches Stammagma	158
Ophiolithsippe der Geosynklinalen	159
Kruste und Magmazone	159
Pazifischer Panzer und Entstehungsmöglichkeiten	161
Abtrennung des Mondes	161
Zustand und Rotationsgeschwindigkeit der glühenden Erde	162
Ablösung der Mondmasse	163
Basische Narbe	164
Entstehung des Pazifischen Panzers	165
2. Die Deutung der kontinentalen Verschiebungen	167
Polflucht und Ursachen	168
Wanderungen der Sonnenflecken	169
Notwendigkeit weiterer Ursachen	170
Rolle der Polflucht bei der alpinen Orogenese	170
Anomalie der Polflucht Gondwanas	171
Daten der Paläogeographie	171
Permotriadische Ausgangslage der Kontinente	172
Europa, Lage Basels	172
Afrika	174
Beeinflussung der Polflucht durch Lage	174
Lösung des afrikanischen Einbruches	175
Flügelstellung des Nordkontinentes	176

	Seite
Gesamtlage Laurasias zu Beginn der alpinen Orogenese . . .	179
Gesamtlage Gondwanas	180
Lösung der Widersprüche und weitere Aufgaben	181

IV. Der voralpine Bewegungsmechanismus der Erde 182

Die Frage nach den Ursachen der alpinen Grundanlagen 183

1. Die Grundlinien der europäischen Herzyniden 185

Der herzynische Grundplan Europas 186

Der Innenbau der herzynischen Ketten Europas 188

Herzynische Eruptiva der Alpen 191

Bewegung gegen Norden 192

2. Weitere paläogeographische Diskussion der permischen

Lage Laurasias und Gondwanas 193

Kohlengürtel Europas 193

Verhältnis Europas zu Afrika 195

Dilemma der alpinen Tethys 196

3. Das Auseinandertreten der Kontinente und die Entstehung der Geosynklinalen 202

Massenströmungen unter den Gebirgen 203

Massenströmungen bei Kontinentalverschiebungen 204

Kein Ausgleich der Massen im Orogen 207

Gegenströmung zu den Polen und Polzug der Kontinente . . . 209

Entstehung der Geosynklinalen durch Dehnung 209

Entstehung der Zwischengebirge 211

Polstrom, Poldrift und Geosynklinalstrom 212

Von der Entstehung der alpinen Geosynklinalen Europas . . . 214

4. Über die Grundanlagen und den Mechanismus der herzynischen Bewegungen 219

Postherzynische Poldrift und Entstehung der Kapegebirge . . . 219

Lage Afrikas vor der herzynischen Orogenese 220

Lage Europas vor der herzynischen Orogenese 223

Ost- und Westflügel Laurasias 224

Ausbauchung des laurasiatischen Zentrums 227

5. Über die Gliederung und die Bedeutung der kaledonischen Gebirge 228

Gliederung der Kaledoniden, kaledonisches Hauptsystem Laurasias 229

Gestaltung der herzynischen Geosynklinale 232

Deutung der Kaledoniden durch Polflucht 233

Konsequenzen für den weiteren Bau der Erde 235

Wechselspiel von Polflucht und Poldrift 238

Zusammenfassung 240

Resultate der Analyse der irdischen Gebirge 240

Pazifische und atlantische Sippe 241

Ursachen der Gebirgsbildung und Bewegungsmechanismus der Erde 244

	Seite
Polfucht und Poldrift	244
Geosynklinalstrom	245
Wechselmechanismus der Erde	247
Orogenetische Zyklen und deren Gliederung	248
Ursachen der Polfucht der Kontinente	251
Rolle der subkrustalen Strömungen	252
Stellung zu AMPFERER und SCHWINNER	253
Priorität der zentrifugalen Kräfte	254
Rolle des Pazifischen Blockes und dessen Entstehung	256
Ausblick	257
 Literaturverzeichnis	 259
Verzeichnis der Textfiguren	268
Erläuterungen zu Tafel I	269

Einleitung

..... Le cose tutte quante
Hann'ordine tra loro; e questo è forma
Che l'universo a Dio fa simigliante.

DANTE, Paradiso I, 103—105.

EDUARD SUESS führt uns zu Beginn seines monumentalen Werkes über „Das Antlitz der Erde“ hinaus in den freien Weltenraum und läßt vor unserem erstaunten Auge den heimatlichen Planeten seinen gewaltigen Weg durch die Himmelsweiten rollen. Folgen wir auch heute dem Geiste des großen Wiener Meisters und beschauen wir einmal mehr die großen Grundzüge, die sich dabei vom Bau der Erde herauschälen.

Drei mächtige Einheiten erster Ordnung erkennen wir dabei: die Meere, die Tafeln der Kontinente und die großen Gebirge.

Da ist die dunkle Fläche des Stillen Ozeans. Großartige Gebirge umgeben dieses ausgedehnteste Wasserbecken unseres Planeten, von Neu-Seeland und Neu-Guinea über Ostasien bis hinüber nach Amerika und hinab in die Antarktis, und eine dichtgereimte Kette von Vulkanen unterstreicht als der Feuerkranz des Pazifik dessen Grenzen gegen die umliegenden Kontinente. Gen Westen erscheint der geschlossene Länderblock der Alten Welt, vom Kap der Guten Hoffnung und Tasmanien bis hinauf zum nördlichen Eismeer. Tafelländer im Süden und im Norden, von Australien über Vorderindien und Arabien bis hinüber zum Kolosse Afrika, und von Sibirien bis weit nach Europa hinein, dazwischen die mediterranen Ketten, der mächtigste Gebirgszug der Erde; zwischen Australien, Indien und Afrika endlich der Indische Ozean. Im Westen bricht dieser machtvolle Bau der Alten Welt unvermittelt ab, und es folgen die Tiefen des Atlantischen Meeres. Jenseits derselben liegen die beiden Amerika wie ein kunstvoll gewundener Schnörkel zwischen den großen Ozeanen der Welt. Auch hier Tafelländer und Gebirge, aber nun, im Gegensatz zur Alten Welt, die mächtigen Kontinentalsockel im Osten, die hohen Ketten — das andine System — im Westen. Und während dieses grandiose Bild vor uns sich dreht im ewigen Kreislauf der Zeit, verharren in blendendem Weiß und dunklem Dämmerlicht die Eiskappen des Nordens und des Südens als feste Pole in der Erscheinungen Flucht. Um diese ruhenden Pole dreht sich alles, die Meere,

die Kontinente, die Gebirge, alles Leben auf unserem Planeten, aber um diese Pole dreht sich auch die Entstehung des ganzen gewaltigen Baues, den wir von unserem hohen Standpunkte aus bewundern.

Kehren wir zurück zur Erde. In unserer Erinnerung lebt das erhabene Bild, und wir versuchen, dasselbe zu verstehen, zu gliedern, nach menschlichen Begriffen zu ordnen.

Da sind die Ozeane. Wir kennen ihre Küsten, ihre Inseln, wir messen ihre Tiefen, studieren ihre Strömungen, wir stellen Vermutungen an über ihren Untergrund, erforschen den Meeresboden, aber die wahre Struktur ihrer Gründe ist uns vergänglichem Geschlechte verhüllt.

Gesetzlos erscheinen die Kontinente, mit ihren vielgezackten Umrissen, ihren mannigfachen Vorsprüngen, ihrem unruhigen Wechsel von weiten Tiefebene und ungegliederten Hochländern, mit ihrer scheinbar willkürlichen Lage im Raum. Sie sind das Abbild einer langen wechsellvollen Geschichte; kein einheitlicher Vorgang hat sie geschaffen, kein einheitliches, einfaches Bildungsgesetz läßt sich an ihnen erkennen. Kreuz und quer durchziehen die verschiedensten Strukturen ihre Länder, und nur zu oft beherrscht das Chaos deren Bau. Uralte Gebirgszüge treten hervor, deutlich geschieden von noch älteren scheinbar einheitlich gebauten unbewegten steifen Blöcken. Aber studieren wir diese letzteren näher, so erkennen wir auch in diesen starren Massiven der ältesten Zeiten immer wieder nur noch ältere Gebirgszüge, die abradiert, vom Meere bedeckt, von späteren Gebirgen gekreuzt, in jüngeren Zeiten wieder an die Oberfläche emporgetragen worden sind. Gebirge und wieder Gebirge, und abermals Gebirge, einander in ewigem Wechsel ablösend in Raum und Zeit — das ist die verwickelte und rätselhafte Struktur unserer Kontinente.

Seit Jahrzehnten schon gilt diese Auffassung der irdischen Kontinente als eine der bestgesicherten Erkenntnisse unserer Wissenschaft. Wir wissen, daß diese mächtigen Länderblöcke unserer Erde aufgebaut sind von alten und ältesten Gebirgen, und wir wissen, wie diese Gebirge zeitlich einander gefolgt sind. Aber was wir heute noch immer vergebens suchen, das ist ein allgemeines Gesetz, das die **räumliche Verteilung der Gebirge der Erde** erklärt, ein Gesetz, das zugleich auch auf einen bestimmten, den ganzen Bau der Erde seit jeher souverän beherrschenden **Mechanismus der Gebirgsbildung** schließen ließe. Eine Menge von Theorien sind über diesen Gegenstand schon aufgestellt worden, aber keine einzige vermag bisher die Phänomene in ihrem vollen Umfang und zu allen Zeiten zu erklären. Überall stoßen wir letzten Endes an eine Wand und bleibt das letzte dem Zufall überlassen.

So erklärt beispielsweise die berühmt und klassisch gewordene Theorie von der fortwährenden Abkühlung und **Kontraktion der Erde**

wohl die Tatsache, daß sich die Erde fortwährend zusammenzieht, die bereits erkaltete Kruste daher allmählich über dem sich weiter kontrahierenden Erdkern zu groß wird, und entweder in Brüchen der ständig schwindenden Unterlage nachsinkt, oder sich in Falten legt und zusammenschiebt, d. h. Gebirge bildet. Die Kontraktionstheorie erklärt wohl die Tatsache, daß sich Gebirge bilden, aber sie erklärt **nicht** die Tatsache, daß diese Gebirge über einen ganz bestimmten **Raum**, mit ganz bestimmter **Gestalt der Ketten** sich bilden, und warum diese Gebirge sich dort, gerade so und nicht anders bilden mußten. Sie erklärt auch nicht die Tatsache, daß zwischen den einzelnen, relativ eng umgrenzten Zeiten der eigentlichen, paroxysmatisch gesteigerten Gebirgstürmungen sich lange **Ruhepausen** mit weit geschwächer gebirgsbildender Tätigkeit einschalten, und sie erklärt auch nicht die Bildung der großen Senken, aus denen die meisten Gebirge der Erde primär hervorgegangen sind, d. h. die **Bildung der Geosynklinale**n. Und doch ist bis heute gerade die Kontraktionstheorie der Ausgangs- und der Angelpunkt aller klassischen Tektonik gewesen, und wird sie daher auch immer mit den Namen der größten Tektoniker des vergangenen Jahrhunderts, unsern großen Meistern EDUARD SUESS, ALBERT HEIM und MARCEL BERTRAND als ihren glänzendsten Vertretern verbunden bleiben.

Neben diese Lehre von der stets zunehmenden Kontraktion der Erde tritt nun in unsern Tagen mehr und mehr eine zweite Grundanschauung über die Bildung der Gebirge, das ist die **Theorie der Kontinentalverschiebungen** von ALFRED WEGENER. Gewisse Verschiebungen von Kontinenten sind zwar seit langem schon angenommen worden, so in den 80er Jahren bereits von dem Zürcher Naturforscher H. WETTSTEIN, dann von MARCEL BERTRAND und von SACCO, schließlich sogar von den ausgesprochenen Anhängern der Kontraktionslehre selber. So von ALBERT HEIM, HANS SCHARDT und LEOPOLD KOBER in dem Sinne, daß sich die Rückländer der Kettengebirge naturnotwendigerweise auf die Vorländer hin bewegen müssen, um überhaupt dem Schichtenzusammenschub im Gebirge selber folgen zu können. Und der große Nordmarsch der Dinaridenscholle, mit dem einst PIERRE TERMIER die Geologenwelt Europas entrüstete, was ist er anderes als die großartige horizontale Verschiebung eines kontinentalen Sockels? Aber erst WEGENER hat dem großen Gedanken der freien Beweglichkeit der kontinentalen Schollen in seinem wahrhaft revolutionierenden Buche über die Entstehung der Kontinente und Ozeane zum eigentlichen Durchbruch verholfen. Zu großen Kontinentalverschiebungen gelangten auf anderen Wegen auch AMPFERER, KOSSMAT und SCHWINNER, in neuerer Zeit, besonders durch das Studium der alpinen Ketten, auch ARGAND und ich. Kontinentale Verschiebungen sind ohne jeden Zweifel, durch den Zu-

sammenschub der Erdrinde in den Gebirgen, heute als solche nachgewiesen, und in diesem Sinne besteht im großen Grundprinzip die WEGENERSche Ansicht entschieden vollständig zu Recht; aber diese Verschiebungen der Kontinente müssen damit, wie die Gebirgsbildung, zu den allerverschiedensten Zeiten der Erdgeschichte immer wieder stattgefunden haben, und diese Verschiebungen der Kontinente müssen daher zu allen Zeiten auf ganz bestimmte Ursachen zurückgehen. Diese letzten Ursachen, den zwingenden letzten Grund allen Wechsels auf Erden aber zeigt uns auch die WEGENERSche Theorie als solche, sogar in ihrer neuesten Fassung, trotz mannigfacher Versuche, die Größe und Universalität der Phänomene zu fassen, noch nicht. Dazu ist vor allem der große Gesamtmechanismus der irdischen Gebirgsbildungen noch nicht erfaßt. Nur Bruchstücke sind gegeben, die einzelne junge Sonderstrukturen erklären, wie die Bildung der andinen Ketten, der ostasiatischen Inselbogen oder eines Teiles der alpinen Ketten Eurasiens, aber bis heute ist noch keine einheitliche Erklärung der Gesamtheit auch nur der jungen, geschweige denn auch der älteren Bewegungsphänomene der Erdgeschichte erzielt. Die eine Gruppe von Gebirgen geht auf Zusammenpressen in der Richtung des Äquators, die andere auf Zusammenschub in der Richtung der Meridiane, eine dritte auf Zerrung zurück, und eine befriedigende Angabe, warum sich gerade hier und nicht anderswo dieses oder jenes Gebirge oder System von Gebirgen gebildet hat, wieso gerade in dem oder jenem Raum eine Geosynklinale entstanden ist, warum das Alpensystem von Afrika nach Norden, das andine Gebirge hingegen von Brasilien nach Westen getrieben wurde, finden wir bisher, auch bei WEGENER, nicht. Das eine Gebirge soll durch äquatorwärts gerichtete Polflucht zweier Kontinente, das andere durch Stauung am Westrand eines westwärts getriebenen Kontinentes, das dritte durch Abreißen von Schollen am Ostrande eines solchen gebildet worden sein. Sowohl WEGENER wie ARGAND messen der Westdrift der Kontinente als einer Folge der Gezeiten eine besonders hervorragende Rolle zu. Aber wie soll man sich dabei beispielsweise erklären, daß durch das Westwandern der Kontinentalschollen an der Westseite der beiden Amerika ein mächtiger Gebirgswall aufgestaut wurde, während wir am Westrand Eurasiens und Afrikas vergebens einen solchen suchen? Wo doch der eurasiatische Kontinent unter dem Einfluß derselben Kräfte gleichfalls nach Westen gedriftet haben muß. Oder warum sollten die beiden Amerika sich von der Alten Welt entfernt haben, d. h. warum sollten sie um ein Mehrfaches schneller gegen Westen gedriftet sein als die Alte Welt? Lauter Fragen, die noch keineswegs einer Lösung näher gebracht worden sind. Das eine Mal ist es die Polflucht, die die Phänomene erklären soll, das andere Mal in gleichem Maße die Westdrift. In beiden Fällen allerdings letzten

Endes die Rotation der Erde. Aber auch bei dieser einheitlichen Blockerklärung WEGENERS, oder ARGANDS, verstehen wir nicht, warum hier die eine und dort die andere Erklärung zutreffen soll, und über die zwingenden **Ursachen der Gesamtlage der tektonischen Objekte**, der Gebirge und Kontinente, **im Raum**, lassen uns auch die bisher aufgestellten Theorien der kontinentalen Verschiebungen noch völlig im Ungewissen.

Die Kontinente sind eine Summation von Gebirgen. Die Entstehung der Kontinente geht also zurück auf eine ganze Reihe von Gebirgsbildungen, und wenn wir daher die Entstehung der Kontinente begreifen wollen, so müssen wir letzten Endes nach den Ursachen der irdischen Gebirgsbildung forschen. Diese Ursachen der Gebirgsbildung aber können nur an einem solchen Beispiel mit genügender Sicherheit ergründet werden, das möglichst unversehrt in unsere Zeit hinüber gerettet worden ist, d. h. an den jüngsten Gebirgen der Erde.

Darin aber eben gerade liegt die große **allgemeine Bedeutung der jungen Gebirge der Erde**, daß sie uns an einem sozusagen reinen, unverkümmerten, und kaum durch spätere Vorgänge verschleierten und zerstückelten großen Zusammenhang den allgemeinen Vorgang der irdischen Gebirgsbildung vor Augen führen. Die jungen Gebirge ziehen als gewaltige, den ganzen Erdball umspannende enggeschlossene Zonen durch die Kontinente; sie umschlingen die Ozeane, sie gliedern den mächtigen Länderblock der Kontinente in einzelne scharf umschriebene Komplexe. Die jungen Gebirge zeichnen in gewaltiger Schrift die großen allgemeinen Leitlinien der Erde, und nur deren Gesamtbetrachtung allein wird uns die tieferen Ursachen dieser Gebirgsbildung erkennen lassen und uns damit letzten Endes zu einem verfeinerten Verständnis des Baues und der Geschichte, der ganzen Entwicklung unserer Erde führen. Die Geologie der jungen Gebirge wird damit zum Eckpfeiler einer vertieften Erkenntnis der Entwicklung unseres Planeten, und nur die Geologie der irdischen Gebirge allein kann uns wahren Aufschluß geben über das Werden und die mannigfachen Schicksale unserer Erde.

Man kennt seit langem die jungen, sog. alpinen Gebirge der Erde. SUESS und viele andere haben sie ausgeschieden. Aber man sah bisher nicht den großen Zusammenhang aller verschiedenen Einzelglieder. So wurden die Ketten der Alten und der Neuen Welt getrennt, wie die zugehörigen Kontinente, und die amerikanischen Gebirge den eurasiatisch-afrikanischen gegenübergestellt und gesondert. Die verschiedene Richtung, zum Teil auch das verschiedene Alter der beiderseitigen Ketten schien eine solche Trennung in erster Linie zu rechtfertigen. Daher betrachtete man auch die Entstehung der amerikanischen und der eurasiatischen Ketten von verschiedenen Standpunkten aus, und die

Bewegungen, die diese Gebirge getürmt haben, wurden als einander fundamental entgegengesetzt und daher in keinem ursächlichen Zusammenhang zueinander stehend angesehen. Das einzige gemeinsame Merkmal war die leidliche Übereinstimmung in der Zeit ihrer Bildung, die sowohl die Gebirge der Alten wie der Neuen Welt im Großen dem alpinen Gesamtzyklus der irdischen Orogenesen zuwies.

Im folgenden wird nun zunächst der Versuch unternommen, die jungen Gebirge der Alten und der Neuen Welt auch einmal in räumlicher Beziehung zu einer großen Einheit erster Ordnung zusammenzufügen. Das Verbindende zwischen westlicher und östlicher Halbkugel wird gesucht und betont, der Bau Amerikas in den Rahmen der Strukturlinien der Alten Welt hineingestellt, und als ein integrierendes Glied der grandiosen irdischen Gesamtanordnung der jungen Ketten erkannt. Die Alte Welt Eurasiens, Afrikas und Australiens bleibt ein verlorenes Fragment ohne Sinn und höheren Plan, wenn wir mit derselben nicht auch den Bau der beiden Amerika verknüpfen. Und diese Verknüpfung ist im Grunde genommen eine so unendlich einfache, daß es fast unbegreiflich scheint, daß nicht schon lange der daraus in überwältigender Klarheit hervorgehende große Grundzug der alpinen Leitlinien der Erde erkannt worden ist. Durch die im folgenden darzulegende Verbindung der jungen Gebirge der Alten und der Neuen Welt gelangen wir sodann zu einem Gesamtbild, das nicht nur die gesetzmäßige Anordnung der jungen Ketten im Raum in grandios einfacher Linienführung zeigt, sondern das auch in zwingender Weise weitgehenden Aufschluß über das Zustandekommen dieses mächtigsten Bauplanes der Erde, und damit die tieferen Ursachen der Gebirgsbildung überhaupt gibt.

Ich bin mir wohl bewußt, daß all dies nur ein schwacher Versuch ist, die gewaltigen Vorgänge, die zur Türmung unserer irdischen Gebirge und damit zum heutigen Bau der Erde geführt haben, zu überblicken. Aber die dabei sich ergebenden Resultate sind von derartiger Einfachheit, daß ich nicht zögere, dieselben hiermit der Öffentlichkeit zu weiterer Diskussion und Präzisierung zu übergeben.

Zunächst sind vielleicht einige der im folgenden gebrauchten Begriffe noch etwas näher zu umschreiben und abzuklären. Daraufhin werden die herrschenden Anschauungen über die Gliederung der jungen Gebirge der Erde kurz zu skizzieren sein. In einem ersten Hauptabschnitt wird sodann, ausgehend von den Ketten Europas, das System der jungen Gebirge nach Ost und West verfolgt, und zu einem einheitlichen Gesamtbilde gefügt. Dadurch gelangen wir zu einer neuen Generalgliederung der jungen Gebirge der Erde, die näher diskutiert werden muß. Die Ursachen derselben treten dabei immer schärfer hervor, sie lassen sich deutlich zurückführen auf gewisse ganz gesetz-

mäßige frühere Stadien der Erdgeschichte. Auch diese alten Gesetzmäßigkeiten werden geprüft, und schließlich gelangen wir auf diesem Wege zu einigen allgemeinen Resultaten über die Ursachen der irdischen Veränderungen überhaupt. Die Verfolgung der jungen Gebirge der Erde über den ganzen Planeten ergibt so letzten Endes die einfachen Grundgesetze vom Mechanismus der Gebirgsbildung. Ganz einfache Naturgesetze sind es, die auch das zunächst so verwirrend komplex erscheinende Antlitz der Erde regieren.

Einige allgemeine Begriffe

Die jungen Gebirge der Erde bilden das sog. **alpine Orogen**. Ausgehend von den alpinen Gebirgen Europas durchzieht eine breite Zone von Ketten in durchschnittlich etwa 1500 km Breite die ganze Alte Welt, vom westlichen Mittelmeer bis in die Sunda-Inseln. Das ist das **mediterrane Gebirgssystem** der Erde. Von den Molukken strahlt der zweite große Gebirgsstrang der Erde aus und umsäumt in den **zirkumpazifischen Ketten** Australiens, Ostasiens, Amerikas und der Antarktis den Stillen Ozean.

Alle diese mächtigen Gebirge sind jungen, in der Hauptsache tertiären Alters, sie alle sind in großen Zügen zu gleicher Zeit aufgestaut wie unsere Alpen, sie verdanken ihre Entstehung der jungen **alpinen Orogenese**, die sämtliche Gesteinsserien der Erdgeschichte bis hinauf ins Tertiär in heftiger Faltung ergriffen hat.

In was bestand nun im einzelnen diese alpine Orogenese, wie läßt sie sich gliedern, und was wurde durch sie deformiert?

Wir gehen in unseren Betrachtungen mit Vorteil aus vom mediterranen Gebirgssystem, das als gewaltige Leitlinie erster Ordnung die Alte Welt durchreißt. Hier läßt sich, in den alpinen Gebirgen des Mittelmeeres besonders, die Geschichte und der Verlauf der alpinen Orogenese, vor allem aber die **Gliederung und räumliche Differenzierung eines Orogens** überhaupt, ausgezeichnet erkennen.

Betrachten wir daher einmal die **alpinen Gebirge des Mittelmeeres** etwas näher.

Da ziehen von Spanien und Marokko die jungen Ketten zunächst ohne große Komplikationen im Streichen direkt nach Osten bis in den Meridian von Tunis und Sardinien. Dann schwenken sie in brüsker Kurve scharf nach Norden durch Korsika, Elba und den Apennin hinauf in die Alpen, wo sie vor den süddeutschen Massiven — Schwarzwald und Vogesen — erneut nach Osten abziehen. Von Wien, genauer vom

Semmering an, brechen die alpinen Ketten in den Karpathen am Ost- rand der süddeutschen Massive nochmals weit gegen Norden vor, entlang der Böhmisches Masse und den Sudeten, aber schon wenig östlich von Krakau wenden sich die gleichen Karpathen scharf nach Südosten, hinab nach Galizien. In Siebenbürgen und Rumänien ziehen sie sogar nach Süden, Südwesten und Westen zurück und verbinden sich schließlich in mächtiger Schleife am Eisernen Tor mit den Gebirgen des Balkan. Über den Bosphorus und das Schwarze Meer erreichen dann diese alpinen Ketten Südosteuropas das westliche Asien.

Das ist der ungefähre Verlauf der alpinen Hauptketten. Daneben aber zweigen an verschiedenen Stellen eigene Gebirge von diesem Zentralsystem ab. Da ist im Süden das System des marokkanischen Atlas, in Südfrankreich und Nordspanien das System der Pyrenäen und der Provence samt den alpinen Gebirgen Asturiens; da zweigt südlich Genf der Jura, südlich Florenz der wahre Apennin als eigenes Gebirge von den Alpen ab, und da trennt sich schließlich in den östlichen Südalpen die große Kettenschar der Dinariden und der Helleniden ab, die durch das ägäische Meer und Kreta-Rhodos mit stets zunehmender Bedeutung Kleinasien zustreben. Da sind des weiteren im Westen die merkwürdigen iberischen Gebirge im zentralen Spanien und Portugal, im Osten der Zug der Dobrudscha, der Krim, des Kaukasus, dem vielleicht auch Teile der äußeren Karpathenkette angehören, im Süden die Ketten von Cypern und das Libanonsystem. Eine mächtige Schar von jungen Ketten durchzieht so in buntem Wechsel und Vielerlei das ganze südliche Europa, Nordafrika und Kleinasien (s. Fig. 18, S. 33).

Alle diese Gebirge zusammen bilden eine in sich wohl abgeschlossene Zone von deutlich gerichteten und eng gefalteten Ketten, einen Erdrindenstreifen für sich, der sowohl dem übrigen Block Europas wie der großen Masse Afrikas als eine große tektonische Einheit absolut fremd gegenübersteht, und der von diesen ungliederten Kontinentalmassiven überall in aller Schärfe geschieden ist. Das ist eben die Zone junger, zur Ausbildung geschlossener Ketten führender intensivster Deformation zwischen den Kontinentalblöcken Europas und Afrikas, das ist das alpine Orogen des Mittelmeeres (s. Fig. 16, S. 29).

Aber so geschlossen diese Zone gegen außen auftritt, so mannigfachen Charakters ist sie in ihrem Innern. Wenn wir diese Ketten der alpinen Zone des Mittelmeeres im einzelnen betrachten, so erkennen wir sofort großartige Unterschiede in der Fazies, der Mächtigkeit und der Vollständigkeit ihrer Sedimentserien. Die Alpen, zum Teil auch die Karpathen, dann der Apennin, die Dinariden, das algerische Tell, das Rif, die Betische Kordillere Spaniens zeigen durch Trias, Jura und Kreide mächtige Serien mariner Sedimente, in denen sehr oft echte

Ablagerungen der Tiefsee und deren Begleiter, die ophiolithischen Gesteine, auftreten. Dazu tritt oft eine ganz durchgreifende regionale Metamorphose des Mesozoikums. Die Mächtigkeit der marinen Sedimente der Alpen ist zur Genüge bekannt, ich erinnere nur an die Sedimentserien der helvetischen Alpen, etwa an Glärnisch, Churfirsten oder Uri-Rotstock, an die gewaltigen metamorphen Bündnerschieferkomplexe des Penninikums in Bünden, Wallis, Piemont und den Hohen Tauern, an die mächtigen Kalk- und Dolomitgebirge der Bayrischen und Julischen oder der Lombardischen Alpen. Dazu seien die Radiolarit- und Ophiolithserien der zentralen Alpen, des Apennin und der Dinariden erwähnt, oder die mächtigen ostalpinen Trias- und Juraserien Südspaniens. Betrachten wir jedoch die Pyrenäen, die iberischen Zentralketten oder die Gebirge des Atlassystems, oder wiederum den Zug der Krim oder des Kaukasus, so sehen wir in diesen im alpinen System mehr randlich gelegenen Ketten die rein marine Sedimentation zurücktreten, große Schichtlücken oder gar kontinentale Serien treten auf, Seichtwasserbildungen und Diskordanzen sind an der Tagesordnung, und Ablagerungen der offenen See oder gar des Tiefmeeres mitsamt den charakteristischen Ophiolithen fehlen (s. Fig. 1).

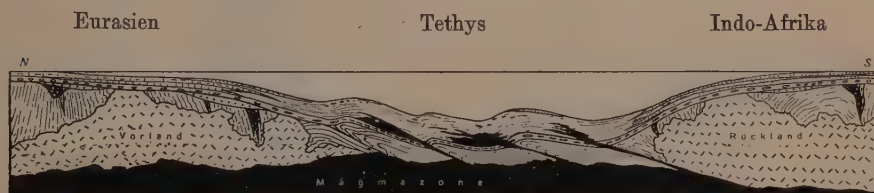


Fig. 1. Die Gliederung des alpinen Raumes in Vorland, Tethys und Rückland.
(Aus R. STAUB, Der Bau der Alpen, 1924.)

So lassen sich im alpinen Gesamtorogen des Mittelmeeres sofort zwei **grundverschiedene Typen** von Gebirgen unterscheiden. Die eine Gruppe stammt aus einem ausgedehnten, große Tiefseeräume enthaltenden Meeresbecken von — nach der Verbreitung der Sedimente im abgewinkelten Gebirgsprofil zu schließen — oft ozeanischen Breiten. Das ist die sog. SUESSsche **Tethys**. Die andere Abteilung von Gebirgen beherbergt Fragmente eines alten nur zeitweilig von seichten Schelfmeeren überfluteten Kontinentalsockels. Mit anderen Worten, die erste Gruppe stammt aus einer **ozeanischen Geosynklinale**, die zweite gehört zu den dieselbe beidseits umrahmenden **Kontinentalmassen**.

Die der Geosynklinale entstiegten Gebirge bilden somit naturgemäß die zentralen Teile des Gesamtorogens. In denselben ist die einstige Geosynklinale zu mächtigen Faltengebirgen oder gar Deckengebirgen zusammengestoßen, und wir erkennen in ihnen stets deutlich

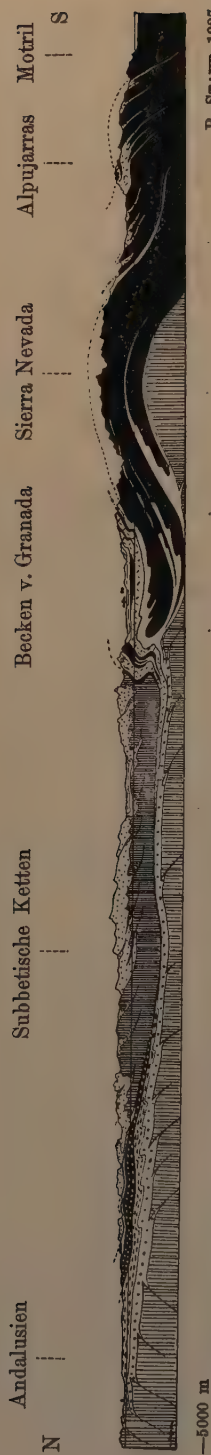


Fig. 2. Die Nordüberschiebungen der Betischen Kordillere Spaniens. (Aus R. STAUB, Ideas sobre la tectonica de España, 1927.)

Helle Schraffur	= Autochthoner Unterbau	Schwarz	= Kristalline Deckenkerne und Paläozoikum	Dunkle Schraffur	= Trias der Betischen Decke
Starke Punkte	= Autochthone Sedimente	Weiß	= Mesozoikum der Veletazone	Schwache Punkte	= Jura-Kreide der Betischen Decke
Strichel	= Molasse	^/\	= Mesozoikum der Granadadecken	Schwarz und weiße Punkte	= Andalusische Flyschdecken



Fig. 3. Das Vorwandern des alpinen Rücklandes im Raume Spanien-Marokko. (Aus R. STAUB, Über die Gliederung und Deutung der Gebirge Marokkos, 1926.)

Schwarz	= Kristallin-paläozoischer Unterbau	Weiß	= Geosynklinale Sedimente
Schraffur	= Sedimente des Vor- und des Rücklandes	Hachiert	= Magmenkammer der marokkanischen Vulkane
Punkte	= Jungtertiär		

die Richtung der gebirgstürmenden Kraft. **Die geosynklinale Kettenzone** ist immer dezis **einseitig gebaut**, doch kann der Sinn der Bewegung allmählich, im Streichen der Ketten, aber nur über große Erdräume hin, ändern. Ich erinnere an die großen Nordüberschiebungen der Betischen Kette Spaniens, denen im marokkanischen Rif kein ebenbürtiges Gegenstück gegenübersteht, oder an die mächtige Nordflut aller Massen in den Alpen, die gegen Osten, aber erst im östlichen Asien, einer eben so allgemeinen Bewegung aller Ketten gegen Süden weicht. Vor diesen geosynklinalen Ketten liegt dann jeweilen der sog. **Vorlandkontinent**, hinter denselben der **Rücklandblock**. Die geosynklinalen Ketten sind somit entstanden durch das Vorwandern des Rücklandes gegen das mehr passiv sich verhaltende Vorland hin, und **die geosynklinalen Ketten der Erde entstehen auf diese Weise immer als das Resultat eines Kampfes zweier Kontinente**, allgemeiner gesprochen **zweier starrer Massen**, die die zwischen ihnen liegende **Geosynklinale** zum **Gebirge zusammenschieben**.

Betrachten wir nun einmal die **Phasen** einer solchen Gebirgstürmung und ihre Auswirkungen etwas näher, und nehmen wir abermals als Beispiel die mediterranen Gebirge Europas.

Die **Hauptfaltung** der alpinen Gebirge Europas fällt ins Tertiär; wenn auch manche Teile derselben, besonders die südlichen, schon zu Ende der unteren Kreide, vor Ablagerung der Gosauschichten, ja sogar schon im oberen Jura zu echten Faltengebirgen zusammengestoßen worden sind. Die **Vorbereitungen** zum Bau dieser mediterranen Ketten aber gehen zurück bis ins oberste Paläozoikum, und die Geschichte der alpinen Orogenese beginnt hier mit der Zertrümmerung eines mächtigen **älteren** Gebirgssystems, des **herzynischen**.

Im Anschluß an eine herzynische Orogenese bildete sich da langsam — wir werden später auf die näheren Ursachen zu sprechen kommen — das Becken, in dem während des Mesozoikums die Sedimente für die alpinen Zentralgebirge abgelagert wurden, die alpine Geosynklinale. Als das große mesozoische Mittelmeer zwischen Indo-Afrika und Eurasien, die sog. Tethys. Die Bildung dieser alpinen Geosynklinale ist aber noch nicht der eigentliche Beginn des alpinen Bewegungszyklus, sondern die alpine Orogenese setzt erst ein mit der Deformation der als solche durch die Nachwehen der herzynischen Orogenese schon geschaffenen Geosynklinale.

Diese Deformation der mediterranen Geosynklinale beginnt etwa zur Zeit der oberen Trias. Von diesem Zeitpunkt an wird die alpine Geosynklinale nun durch ganze geologische Epochen hindurch stetig und immer kräftiger zusammengestoßen, die beidseitigen Kontinentalränder Eurasiens und Indo-Afrikas nähern sich dabei einander immer mehr, und schließlich prallen im älteren Tertiär diese beiden

Kontinentalblöcke aufeinander, die nun vollständig zusammengepreßte Geosynklinale zwischen sich begrabend. Den geosynklinalen oder embryonalen **Vorbereitungsphasen** der Orogenese, die im besonderen die fazielle Innengliederung der Geosynklinale und die Verteilung der späteren tektonischen Großelemente bedingen, folgt so die Zeit der großen **Paroxysmen**, in welcher zur Hauptsache die

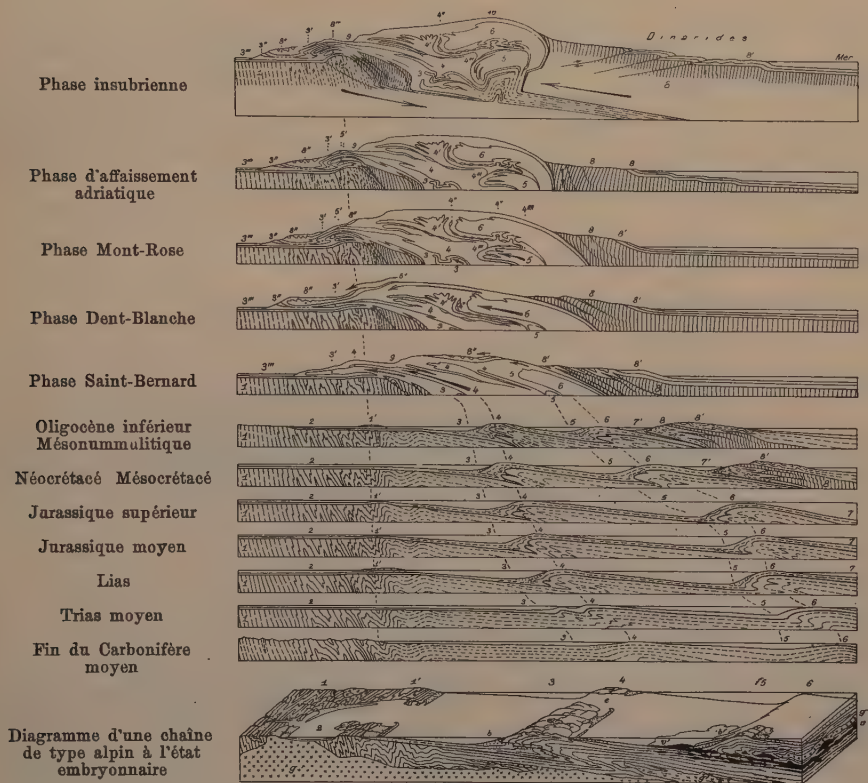


Fig. 5. Der Verlauf der alpinen Orogenese in den Westalpen.

(Aus E. ARGAND, Sur l'arc des Alpes Occidentales, 1916.)

komplizierte tektonische Innenstruktur unserer Gebirge mit all ihrem Detail geschaffen wird. Diesen großen Paroxysmen schließen sich endlich späte **Nachphasen** an, die den ganzen durch die Paroxysmen bereits geschaffenen Strukturhaufen weiter in sich zusammenpressen, in ruckweisen Stößen in die Höhe wölben und damit die Gebirge als solche über dem Meere und den kontinentalen Sockeln überhaupt erst erscheinen lassen. Auf solche Weise umfaßt die alpine Orogenese den gewaltigen Zeitraum des ganzen Mesozoikums, von der Trias bis hinauf ins oberste Tertiär.

Die auf solche Art durch ganze geologische Epochen sich auswirkende alpine Orogenese beschränkt sich nun aber nicht, wie wir bereits gesehen haben, nur auf die Deformation der alpinen Geosynklinale, sondern dieselbe ergreift in hohem Maße auch die die zentrale Geosynklinale beidseits begleitenden, durch frühere Faltungen schon weitgehend versteiften Kontinentalsockel. Dieselben werden an bestimmten, durch sekundäre Schwächezonen eigens dazu prädestinierten Stellen ebenfalls zu ausgedehnten Gebirgsketten zusammengestoßen, die sich im besonderen durch ihre weitgehende Steifheit, das Zurücktreten plastischer Tektonik, von den Geosynklinalgebirgen unterscheiden. So werden breite Zonen der Vor- und Rückländer beidseits der zentralen alpinen Geosynklinalräume zu eigenen, durchaus selbständigen **Vor- und Rücklandgebirgen** deformiert, die dann, in der Hauptsache als

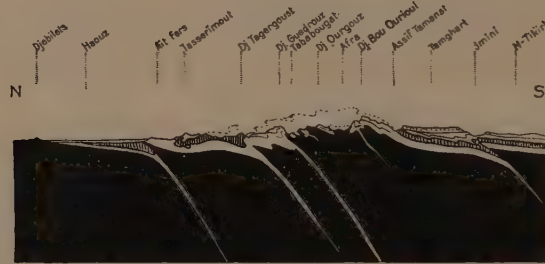


Fig. 6. Profil durch den Hohen Atlas westlich des Col de Telouet.
(Aus R. STAUB, Marokko, 1926.)

deformierte Schelfe, weithin das zentrale **Geosynklinalgebirge**, das eigentliche **geosynklinale Stammorogen** als wohlindividualisierte Rand-einheiten des Gesamtorgens begleiten. Dazwischen breiten sich Erd-rindenstücke, die infolge ganz besonderer Steifheit der Deformation in erhöhtem Maße widerstehen konnten und ungefaltete blieben, als sog. **Zwischengebirge** oder **Zwischenmassive** aus. Auch innerhalb des geosynklinalen Raumes können solche steiferen Massen sich einschalten und der Zusammenpressung stärker widerstehen, und somit als tiefliegende Zwischengebirge innerhalb der jungen hochgestauten Geosynklinalketten erscheinen. Diese tieferen Senken sind meist mit den jüngsten Sedimenten, vor allem auch dem Schutt der aufsteigenden Gebirge, oft aber auch noch vom Meere erfüllt, und diese Zwischengebirge erscheinen daher mit Vorliebe äußerlich als junge Tertiärbecken oder gar Binnenmeere innerhalb der hochragenden Kettenzonen. Die Zwischengebirge leisten als solche steiferen Massive dem orogenen Druck vermehrten Widerstand, sie leiten ihn aber ungeschwächt in plastischere nachgiebigere Rindenteile weiter.

Die Erforschung der Alpen und ihrer Entstehungsgeschichte hat endlich mit aller Deutlichkeit und immer mehr gezeigt, daß dieselben entstanden sind durch den gewaltigen Vorstoß Indo-Afrikas auf das alte Europa hin. Die afrikanische Kontinentalscholle ist seit dem Beginn der alpinen Orogenese, seit dem Perm, um einige Tausend Kilometer nach Norden gewandert. Dabei schob der afrikanische Koloß nicht nur die alpine Geosynklinale zu den heutigen alpinen Zentralgebirgen des Mittelmeeres zusammen, sondern er stieß auch die europäische Kontinentalmasse in großen Beträgen nach Norden vor. Die Verfolgung der vorzeitlichen Klimata Europas und Afrikas bestätigt in jeder Hinsicht diese zunächst unabhängig von WEGENER, rein von der Tektonik der Alpen her gewonnene Anschauung. Wenn aber solche unerhörten Bewegungen stattgefunden haben, so begreifen wir, daß dabei die starren Schollen der Kontinente nicht einfach unversehrte bleiben konnten. Die-

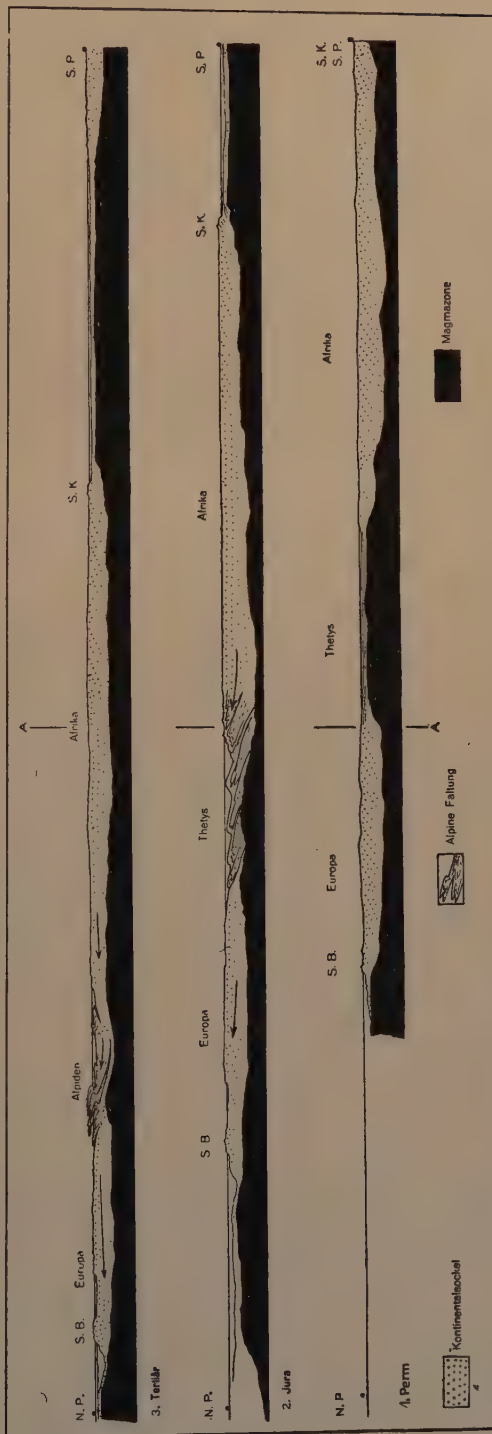


Fig. 7. Die Bildung der alpinen Gebirge Europas nach R. STAUB, 1924. (Aus R. STAUB, Bau der Alpen.)
(N. P. = Nordpol, S. B. = Spitzbergen, Ä = Äquator, S. K. = Südkap, S. P. = Südpol.)

selben mußten bei diesen gewaltigen Wanderungen in einzelne Fragmente zerbrechen, sie zersplitterten bei ihrem Vorrücken infolge ungleicher Widerstände in ihrem Untergrund und ihrem „Vorland“ längs mächtigen Spalten und Rissen, die dann weithin vom Magma der Tiefe als die natürlichsten Wege zur Oberfläche benutzt wurden und so zur Bildung ausgedehnter Vulkanreihen und Grabensysteme führten. Das sind die großen **Systeme meridionaler Brüche**, wie wir sie aus Europa vom Rheingraben, den Vulkanspalten der Auvergne, dem großen portugiesischen Randbruch kennen, oder wie sie uns in Arabien, Indien und Australien, ganz besonders aber in Afrika in so riesenhaften Formen entgegentreten (s. Fig. 16).

Bis vor kurzem hat man zum alpinen Orogen der Alten Welt nur die Geosynklinalgebirge gerechnet und dabei in der Hauptsache zwei große Randketten unterschieden: eine nördliche, auf Europa und Asien zu bewegte, die **alpide**, und eine südliche, mit Rückfaltung gegen Afrika und Indien, die **dinarische** (s. Fig. 8). Dazwischen eingeschaltet hie und

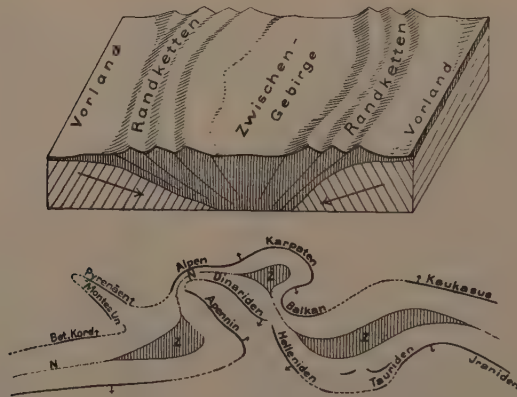


Fig. 8. Stellung und Rolle der Zwischengebirge.
(Nach KOBER, Bau der Erde, 1921.)

da etwa ein flacheres Zwischengebirge. Heute aber müssen wir zum alpinen Orogen auch rechnen jene mächtige **Zone von Vor- und Rücklandgebirgen**, die als enggeraffte ausgesprochene oft hohe **Ketten** den zentralen **Geosynklinalzug** der Alpiden und der Dinariden auf beiden Seiten in breiter Entwicklung **begleiten**. Daneben erscheinen endlich auch die zwar außerhalb jeder orogenen Zone liegenden großen meridionalen Bruchsysteme der Vor- und Rückländer samt den sie begleitenden Vulkanreihen als großartige Begleit- und Folgeerscheinungen der großen alpinen Orogenese.

Es mag vielleicht für das Verständnis des Folgenden nicht unnütz sein, diese Quergliederung eines großen Orogens an einem bestimmten Beispiel in concreto darzulegen.

Wir betrachten zu diesem Zwecke abermals das Gebiet des westlichen Mittelmeeres. Da ist die Differenzierung des alpinen Orogens in Geosynklinalgebirge, Vor- und Rücklandketten und Zwischengebirge in großartiger Prägnanz entwickelt, die Gebirge Spaniens und Marokkos illustrieren dieselbe in geradezu herrlicher Weise.

Betische Kordillere und Rif zeigen die Sedimente der zentralen alpinen Geosynklinale, der Tethys. Sie repräsentieren beidseits der Straße von Gibraltar das geosynklinale Stammorogen des alpin-dinarischen Zentralzuges, in einem gewaltigen Fächer, mit grandiosem Deckenbau und mächtiger aktiver Bewegung gegen Norden. Die Ketten des Rif entsprechen dabei den Dinariden des Balkan und des Apennin, die Betische Kordillere den Alpen. Als die Axe des ganzen Orogens erscheint die Straße von Gibraltar. Gegen Osten erweitert sich dieselbe, die Ketten treten auseinander, und dazwischen schaltet sich als mächtiges tiefversenktes Zwischengebirge das südwestliche Mittelmeer (s. Fig. 18, S. 33).

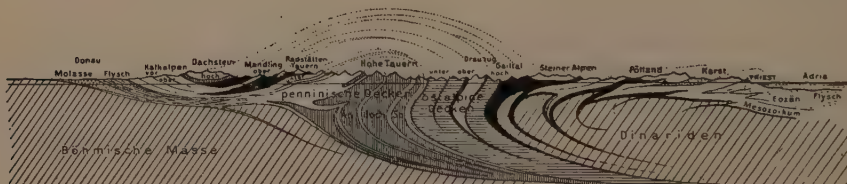
Nördlich dieses Zentralstammes des alpinen Orogens erscheint in der Iberischen Meseta das alte europäische Vorland von Andalusien bis hinaus in die Pyrenäen und hinauf nach Asturien zu einer Reihe mächtiger Vorlandgebirge deformiert, in denen kontinentale bis epikontinentale Serien und der alte europäische Festlandssockel selber in die junge alpine Bewegung einbezogen worden sind. Pyrenäen und asturische Ketten, die katalonischen, hesperischen, kastilischen und portugiesischen Gebirge, im Süden die Sierren von Toledo und die Sierra Morena sind die Vertreter dieser die spanische Halbinsel so ausgezeichnet gliedernden Vorlandgebirge. Dieselben stehen als das System der Iberiden dem geosynklimalen Zentralzug der Alpiden und Dinariden scharf gegenüber. Zwischen den hohen und stark dislozierten Ketten der Betischen Kordillere und der Pyrenäen aber erscheint die ganze spanische Meseta als relativ weit weniger deformiertes steifes Zwischengebirge. Manche Ketten erlöschen auf ihr, so ein Teil der hesperischen und die asturischen Gebirge, im Süden die Sierren von Toledo.

Im Süden des alpin-dinarischen Zentralstammes endlich erscheinen jenseits des Rifgebirges in den Ketten des Atlassystems im Mittleren, im Hohen, im Sahara- und im Anti-Atlas kontinentale und Flachmeersedimente des afrikanischen Rücklandschelfes zu hohen Gebirgen getürmt und sehen wir diesen alten afrikanischen Festlandssockel am Südrand der zentralen Tethys zu einer ganzen Schar ausgezeichneter Rücklandgebirge deformiert. Ganz Marokko mit Ausnahme des Rifgebirges wird von solchen Rücklandfragmenten aufgebaut. Dieselben

bilden das südliche Gegenstück zu den Vorlandgebirgen der Iberiden und werden denselben zweckmäßig als das System der Marokkiden gegenübergestellt. Zwischen deren einzelne Elemente schaltet sich als Gegenstück zur iberischen die marokkanische Meseta abermals in Form mächtiger Zwischengebirge ein, um die die marokkanischen Gebirge sich deutlich herumschmiegen. Der Hohe Atlas erst bezeichnet die Grenze dieser mächtigen Kettenzone gegen die ruhige Tafel der Sahara.

So gehört der ganze Raum zwischen Atlas und Pyrenäen, resp. der Sahara und den Niederungen Südfrankreichs zum alpinen Gesamtrogen. Geosynklinalketten, Vorlandgebirge und Rücklandfalten sind hier mitsamt den eingeschalteten Zwischenmassiven der spanisch-marokkanischen Meseten zu einer mächtigen **orogenetischen Einheit** verschweißt.

Von der allgemeinen **Bewegungsrichtung der Ketten** wäre noch etwas zu sagen. Betrachten wir abermals als Beispiel den Orogenabschnitt des westlichen Mittelmeeres. Da geht alle primäre Bewegung, vom Atlas bis zu den Pyrenäen und hinauf zu den Alpen und Karpathen gegen Norden, auf Europa zu. Einzelne Fälle von Südfaltung jedoch kommen überall in gewissen Sektoren dieser Gebirge vor, so in



Weiß ist Mesozoikum, schwarz Paläozoikum, schraffiert Grundgebirge. Zwischen den starren Massen des böhmischen Massivs und dem dinarischen Körper werden die ostalpinen Decken emporgepreßt. Die Decken der Dinariden sind kleine Rückflutungen jungen Datums.

Fig. 9. Die Einseitigkeit der alpinen Gebirge.

(Aus KOBER, Der Bau der Erde, 1921.)

den Pyrenäen, den Alpen, den Dinariden, im Apennin, im östlichen Atlas, im Rif. Wenn wir aber diese Südfaltung in ihren Ausmaßen vergleichen mit der herrschenden Bewegung gegen Norden, so sehen wir, wie verschwindend klein sie ist im Vergleich zum Gesamtnordmarsch des ganzen Systems. Dabei wird nur zu oft diese Südfaltung im Streichen derselben Kette durch kräftige Nordfaltung abgelöst, wir kennen Dutzende von Beispielen dieser Art aus dem Atlas, den Pyrenäen, dem Apennin, den Dinariden und den Alpen selbst. Diese lokalen Südfaltungen in den alpinen Ketten des Mittelmeeres sind daher als **Rück-**

faltungen der allgemeinen **Vorfaltung** gegenüber zu stellen. So läßt sich bei der Betrachtung des ganzen Kettensystems stets eine herrschende Bewegungsrichtung desselben erkennen, die auch durch gelegentliche Rückfaltungen nicht übertönt werden kann. **Jeder Orogen-sektor hat seine Hauptbewegungsrichtung.** —

Das alpine Orogen besteht nach dem Vorhergehenden aus einer ganzen Schar von Ketten, die nebeneinander oder vielmehr hintereinander weithin durch Länder und Meere ziehen. Da treten sie in fein geschwungenen Bogen frei und weit in ihr Vorland hinaus, dort schwenken sie um eine alte steife Masse in erzwungener **Beugung** herum. So treten die Karpathen in großem Bogen heraus auf die offene Russische Tafel, so schwenken die gleichen Karpathen in scharfer Beugung hinter der Ecke der Böhmisches Masse in die östlichen Alpen ein. Und während sich alle diese Ketten an einen Orte eng zusammendrängen, gewissermaßen auf engen Raum zusammengerafft sind, zu einem oft ununterbrochenen Gebirgswall, treten sie an anderen Stellen wieder weit auseinander. Wo sich die einzelnen Ketten drängen, zusammenscharen gewissermaßen, reden wir von einer **Scharung**, einer Raffung derselben. Das Auseinanderstrahlen derselben hingegen, vom Gebiet dieser Scharung aus, nennen wir eine **Virgation**. So scharen sich in den Alpen die im Osten weit getrennten Ketten der Karpathen und der Dinariden, so scharf sich der Jura mit den Alpen, oder das Rif mit dem Mittleren Atlas. Umgekehrt treten die Alpen in großer Virgation gegen die ungarische Ebene fächerförmig in Karpathen und Dinariden auseinander, oder der Jura strahlt in einzelnen Ketten in offener Virgation gegen die Molasse aus. Wo solche Kettenscharungen in ihre Einzeläste in Virgation auseinander treten, da schalten sich stets weite Zwischengebirge als weniger dislozierte Schollen zwischen die auseinanderstrahlenden Ketten ein. So erscheint zwischen Karpathen und Dinariden die ungarische Ebene als das klassische Zwischengebirge Europas — das pannonische Massiv — so sind die Hochflächen Kleinasien ein komplexes Zwischengebirge zwischen taurischen und pontischen Ketten (s. Fig. 18, S. 33).

Der Begriff der Kettenscharung ist dabei hier in etwas anderem, speziellerem Sinne gefaßt als bei SUESS im „Antlitz der Erde“. SUESS bezeichnet als eine Scharung einfach das Zusammentreffen zweier Gebirgsbogen. Er spricht beispielsweise von der Scharung der burmanischen Ketten mit denen des tibetanisch-himalayanischen Sektors, oder von der Scharung der taurischen Gebirge mit den Iraniden. Das ist dasselbe, was wir fortan Beugung nennen werden. Für das engere Zusammentreten mehr oder minder gleichlaufender Ketten in einem bestimmten Abschnitt besitzt SUESS keine eigene Bezeichnung. Das Auseinanderstrahlen einzelner Ketten hingegen nennt er gleichfalls Vir-

gation. Ich möchte vorschlagen, unter **Scharung** fortan das Gegenteil einer Virgation, also nicht das Auseinanderstrahlen, auch nicht das Umbeugen, sondern ein **Zusammenraffen der Ketten auf engeren Raum** zu verstehen, und für die SUESSschen Scharungen, d. h. das Einschwenken eines Gebirgsbogens in einen anderen, den Ausdruck **Beugung** zu verwenden. Treten zwei Bogen hingegen unvermittelt, in scharfem Winkel, ohne ineinander einzuschwenken, zusammen, so mögen wir mit SUESS von einer **Kettung** reden. Die Kettung unterscheidet sich von der Beugung dadurch, daß die Bogen unvermittelt mit ganz verschiedener Richtung aufeinanderstoßen, wobei



Fig. 10. Beugung, Kettung, Scharung, Virgation.

meist der eine den anderen überschiebt. Bei der Beugung hingegen schwenken die beiden Segmente in kontinuierlicher Kurve allmählich ineinander ein.

Beugung entsteht, wenn ein Gebirgsbogen auf ein steifes Hindernis stößt, dem er sich anpassen, und das er umschwenken muß. Kettung tritt ein, wenn irgendwo im Raume zwei selbständig wandernde Gebirgsbogen aufeinanderstoßen. Eine Scharung entsteht, indem hinter einem vorgelagerten Hindernis die sich bewegendenden Ketten sich enger aneinander drängen und im extremen Falle zu einem einzigen Gebirgszug sich zusammenschließen; sie brauchen dabei nicht notwendig um das Hindernis sich zu beugen. Scharung entsteht auch bei ganz besonders starkem Vordrängen des schiebenden Rücklandes. Virgation erkennen wir ebenfalls in zwei Fällen. Einmal, wo Ketten sich frei im Raum entwickeln können, und andererseits dort, wo dieselben in

ihrem Streichen auf steifere Schollenstücke stoßen, die der Faltung höheren Widerstand leisten. Die Ketten meiden dann diese widerspenstigen Stellen, sie schmiegen sich um dieselben herum, und wo vereinzelte Äste dennoch etwa in diese versteiften Massen eindringen, erlöschen sie nach kurzer Zeit. Das ist die Virgation an einem Zwischengebirge. Die Ketten umschließen dann schließlich dieses Zwischengebirge, etwa wie die Glimmerflasern eines Gneises ein ausgeschwänztes Feldspatauge.

Nach diesen paar allgemeinen Bemerkungen über die zeitliche und räumliche Gliederung des alpinen Orogens und die an dieselbe gebundenen Begriffe — sie werden vielleicht nicht gar so unnötig sein wie sie manchem Fachgenossen zunächst scheinen möchten — können wir nun zu unserem ersten Thema übergehen, d. h. zur Verfolgung der großen Hauptlinien der alpinen Gebirge über die ganze Erde. Vorerst betrachten wir einmal in aller Kürze

Die bisherigen Anschauungen über den Verlauf und die Gliederung der alpinen Gebirge und deren Entstehung

Zwei verschiedene Gruppen von Ansichten über die Verteilung der jungen Gebirge, d. h. den jungen Bau der Erde überhaupt, lassen sich erkennen. Die erste findet ihren klassischen Ausdruck in den Ideen von EDUARD SUESS, die er uns im Schlußband seines „Antlitz der Erde“ übermittelt hat. Schon wesentlich modifiziert, und in vielem der Wirklichkeit näher, erscheint die SUESSsche Synthese in den Darstellungen, die HAUG, beispielsweise in seinem „Traité de Géologie“, und KOBER in seinem „Bau der Erde“ uns geben. Was aber alle diese drei Auffassungen gemeinsam haben, das ist die Vorstellung von der relativen und weitgehenden Autochthonie der Kontinentalschollen. Durch diese Grundanschauung unterscheiden sich die zwar unter sich oft ziemlich verschiedenen Ansichten von SUESS, HAUG und KOBER, die im allgemeinen auch von TERMIER und STILLE geteilt werden, grundsätzlich und fundamental von den Vorstellungen, die in neuerer Zeit von einer zweiten Gruppe von Geologen, im besonderen von WEGENER, KOSSMAT, BROUWER, BORN und ARGAND vertreten worden sind. Für SUESS, KOBER und HAUG wie für TERMIER und STILLE ist die räumliche Verteilung der Kontinentalmassive seit uralter Zeit eine ähnliche gewesen wie heute, die kontinentalen Sockel wurzeln nach dieser klassisch gewordenen Ansicht fest in ihrem Untergrund. Für WEGENER, KOSSMAT und ARGAND hingegen erscheinen ausgedehnte selbständige Wanderungen der Kontinentalschollen als ein Ausgangs- und ein

Angelpunkt ihrer Synthesen, für WEGENER, KOSSMAT und ARGAND schwimmen die Kontinente als bewegliche Körper in einem plastischen Untergrund. Ich selber vertrete seit 1917 die Ansicht, daß im besonderen der Bau der Alpen in seinen einfachsten Grundzügen unverständlich sei ohne die Annahme eines bedeutenden Vorstoßes Indo-Afrikas gegen Norden, und ich habe diese Auffassung, die derjenigen ARGANDS über den Aufbau Asiens in manchen Punkten parallel geht, in den letzten Jahren, besonders aber im „Bau der Alpen“ verschiedentlich geäußert. Daneben mag in diesem Zusammenhang von mehr als gewöhnlichem Interesse sein, daß neuerdings auch ALBERT HEIM, einst einer der glänzendsten Verfechter der Kontraktionstheorie, in seinem hohen Alter sich mit unerhörter geistiger Beweglichkeit zur WEGENERSchen Auffassung der mobilen Kontinente bekennt.



Fig. 11. Der Zusammenschub der alpinen Geosynklinale durch den Nordstoß Indo-Afrikas. (Aus R. STAUB, Faciesverteilung und Orogenese, 1917.)

Betrachten wir nun zunächst das Gesamtbild der Erde, das EDUARD SUESS uns gibt. Abgesehen von der Gliederung der Kontinentalblöcke in **Eurasia**, **Laurentia**, **Gondwana** und den **australisch-antarktischen Block** teilt SUESS die jungen Gebirge der Erde in drei Gruppen: die **eurasiatischen**, die **andinen**, und die **ozeaniden**. Die eurasiatischen Ketten setzen am Atlantischen Ozean, in Spanien und Marokko ein,

durchziehen das südliche Europa und Asien bis hinab in den Sunda-Archipel und erreichen von dort in nördlicher Richtung durch die ostasiatischen Inselbogen das Beringmeer. Über Alaska setzen sie nach der Auffassung von SUESS noch weit in den nordamerikanischen Kontinent hinein fort, sie bilden die Hauptketten Alaskas und den Zug der Rocky Mountains bis hinab zum Colorado-Plateau. Die Gebirge westlich dieser nordamerikanischen Hauptkette — die großen Innenplateaus mit den Basin Ranges, die Cascade Ranges und die Coast Ranges, von Canada durch Kalifornien bis hinab nach Mexiko umfassend — trennt SUESS als das „Erscheinen der Anden“ von den eurasiatischen Gebirgen ab. Dieser andine Bau zieht von Alaska, zwischen den letzten Ausläufern der asiatischen Elemente als selbständige Kettenschar hervorgehend, durch Nordamerika hinunter nach Mexiko, biegt dort in scharfer Kurve nach Osten um und schwenkt durch den Bogen der Antillen ohne Unterbrechung nach Südamerika hinüber. In Venezuela und Kolumbien wendet er sich neuerdings nach Süden und bildet am Westrand Südamerikas die eigentlichen Anden. Aber wie dieses Gebirge im nörd-

lichsten Südamerika in scharfer Kurve nach Osten in den Bogen der Antillen umschwenkt, so dringt es auch im äußersten Süden dieses Kontinentes vom Kap Horn weit nach Osten vor, im Bogen der sog. „südlichen Antillen“ das patagonische Gebirge mit Grahamland verbindend. Das ist das von SUESS so eingehend beschriebene „zweimalige Vortreten der Anden“ ins Gebiet des Atlantischen Ozeans.

Die eurasiatischen Ketten ziehen also bei SUESS von den spanisch-marokkanischen Küsten über Ostasien bis in die Rocky Mountains hinein, und die übrigen Ketten Nordamerikas setzen als andines Gebirge durch den Antillenbogen nach Südamerika und in die Antarktis fort.

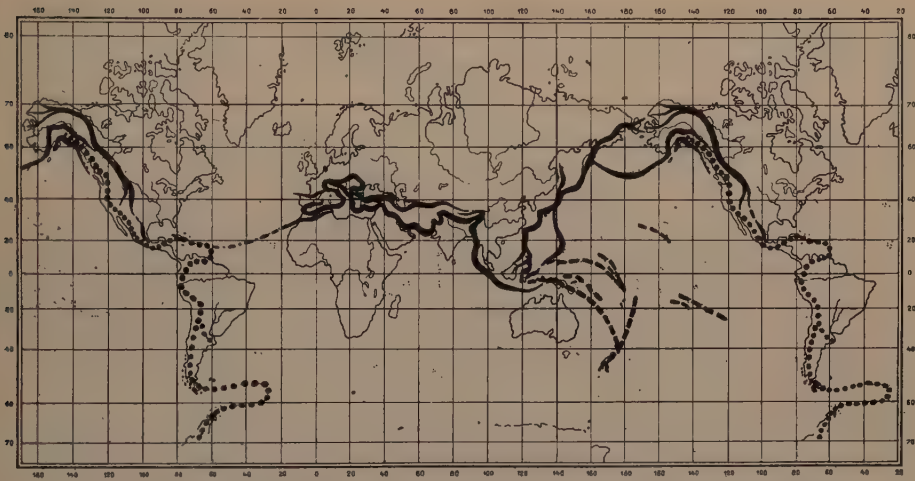


Fig. 12. Die Gliederung der jungen Gebirge der Erde nach EDUARD SUESS.

Schwarz = Eurasiatische Ketten. Strichel = Ozeaniden. Punkte = Andines System.

Der Bogen der Antillen verbindet dabei nord- und südamerikanische Gebirge zu einem einheitlichen andinen Kettenzuge, der vom asiatischen Bau scharf abgetrennt wird. Auf den Sundainseln endlich zweigen von den eurasiatischen Ketten als weitere selbständige Gebirge die Guirlanden der Ozeaniden ab, den australischen Kontinentalblock im Osten umgebend.

Eurasiatische Gebirge, Anden und Ozeaniden stehen sich also bei SUESS als selbständige Systeme der junge Gebirge der Erde gegenüber. Im besonderen aber verbindet EDUARD SUESS die Gebirge Nord- und Südamerikas durch den **Bogen der Antillen** zu einer **einheitlichen Kettenschar**.

Bedeutend einfacher schon ist das Schema, das HAUG von den alpinen Ketten der Erde entwirft. Er faßt nach dem Vorgange von MARCEL BERTRAND die Gesamtheit derselben zusammen als „Plisse-

ments alpins“, und verfolgt diese große orogenetische Zone als solche, im übrigen nach den Grundlagen von SUESS, um die Erde. Dieselbe zieht geschlossen von Europa bis hinab in die Molukken. Dort teilt sie sich in die mächtigen Ketten, die den Pazifik umschlingen. Der eine Zweig erreicht durch Ostasien herauf die Gebirge Amerikas und durch diese die Antarktis auf Grahamland, der andere stößt über Neu-Guinea und Neu-Seeland direkt gegen die Antarktis vor. Daneben nimmt HAUG eine Kettenverbindung zwischen Atlas und Antillen quer durch den Atlantischen Ozean an, die gewissermaßen als Tangente den Gebirgsbogen von Gibraltar im Osten mit dem Bogen der Antillen

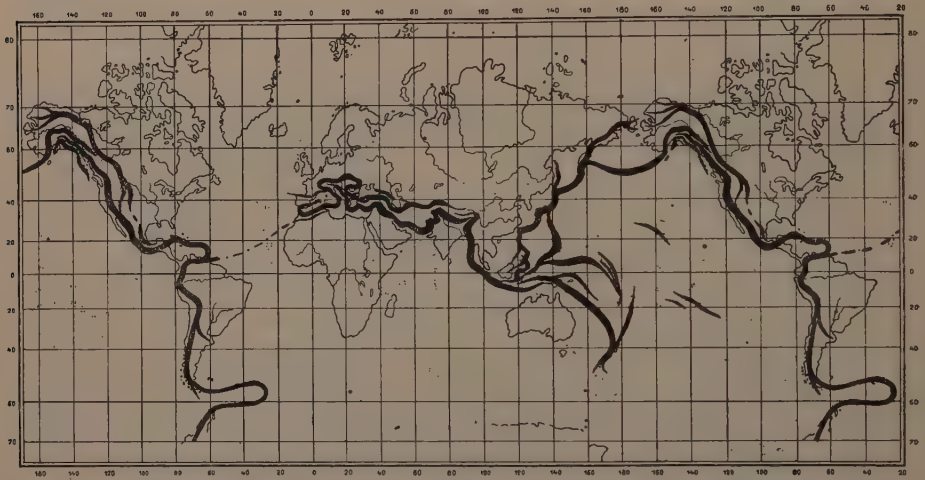


Fig. 13. Der Zusammenhang der jungen Gebirge der Erde nach EMILE HAUG.

im Westen verknüpfen sollte. Unendlich nahe ist HAUG der einfachen Lösung, aber auch er betrachtet nach wie vor die Gebirge Amerikas als eine Einheit für sich, die durch die konzentrischen Bogen der Antillen miteinander verbunden erscheinen.

Nichtsdestoweniger gebührt HAUG das Verdienst, erstmals die jungen Gebirge der Erde in ihrem ganzen Zusammenhang als einheitliche Zone erfaßt zu haben. Die alpinen Leitlinien der Erde ziehen auf diese Art von der Zone des Mittelmeeres geschlossen nach Südostasien hinunter, und teilen sich dort in den kurzen Zweig der australischen Ketten und den langen Ast der ostasiatisch-amerikanischen Gebirge, der erst auf Grahamland sein letztes Ende findet. Auf den Antillen stößt quer auf diesen Zweig ein anderer Ausläufer der mediterranen Ketten, der über den Atlantischen Ozean hinweg die Verbindung mit Amerika gesucht hat. Der große Fortschritt gegenüber SUESS ist der, daß HAUG als erster die pazifischen Gebirge als Ausläufer

der eurasiatisch-mediterranen Kettenschar auffaßt. Den Treffpunkt der beiden Äste, deren gewaltige Scharung, verlegt HAUG in den Sunda-Archipel. Wir werden sehen, daß damit ein ausgezeichnete Fingerzeig für die weitere Entwicklung unserer Auffassung von den alpinen Ketten der Erde gegeben ist.

Die zirkumpazifischen Ketten sind ein Teil der mediterranen Gebirge. Dieses Resultat bleibt auch heute bestehen. Allerdings mit ganz anderen Leitlinien als denen HAUGS.

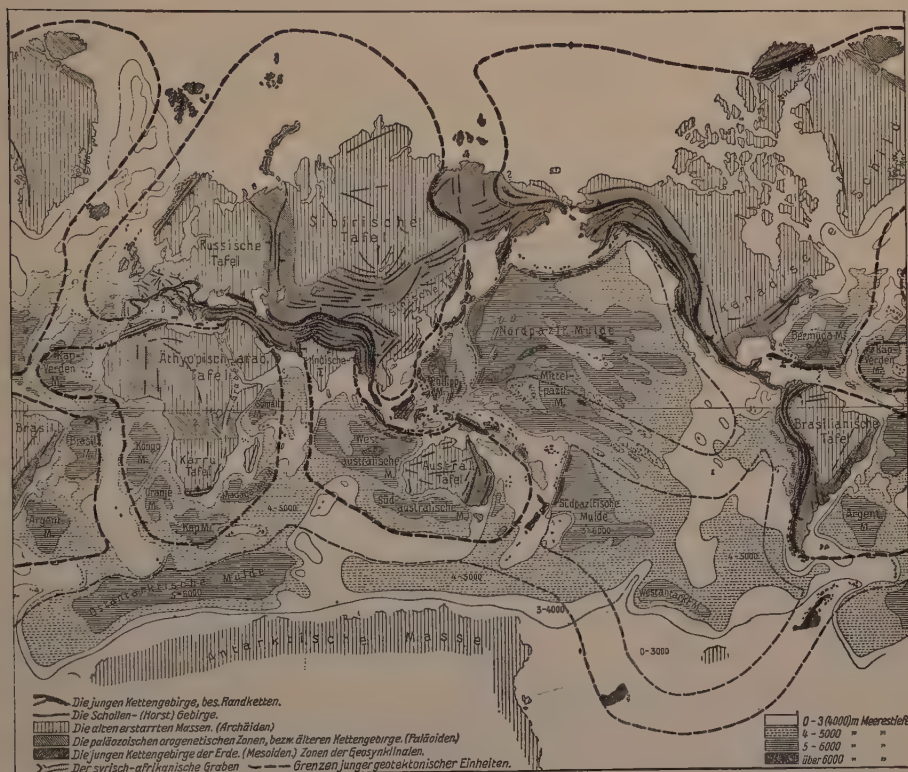


Fig. 14. Die orogenen Ringe LEOPOLD KOBER. (Aus KOBER, Bau der Erde, 1921.)

Eine durchaus eigenartige Auffassung von den Zusammenhängen der irdischen Gebirge hat KOBER in seinem „Bau der Erde“ vertreten. Nach ihm umziehen die Gebirge der Erde in geschlossenen ringförmigen Zonen die alten erstarrten Kontinentalmassive. Jeder Kontinent hat seinen orogenen Ring, der ihn als zentrale Masse umsäumt. Damit werden zwar in erster Linie die SUESSschen Einheiten der irdischen Orogene weitgehend zerrissen, zugleich aber der Tektonik der Erde durch diesen mutigen Bruch mit einer altüberlieferten Tradition ganz neue

bisher unbeschrittene Wege gewiesen. So zerfällt bei KOBER der mediterrane Gebirgszug der Erde in zwei gesonderte Einheiten, das eurasiatische und das afrikanische Ringorogen. Dafür erscheinen die Gebirge Nord- und Südamerikas in KOBERs Synthese zum ersten Mal voneinander, wenigstens teilweise, getrennt, aber sie werden dabei doch immer noch den Ketten der Alten Welt als ganz spezifisch amerikanische Einheiten, als Elemente der amerikanischen Ringe gegenübergestellt.

Gewiß mutet manches in dieser KOBERschen Synthese des irdischen Baues naturgemäß etwas schematisch an, aber die moderne Tektonik verdankt doch gerade diesen synthetischen Arbeiten KOBERs eine reiche Fülle von Anregung und manchen köstlichen Fingerzeig. Es bleibt KOBERs unvergängliches Verdienst, in schweren Zeiten und unter den schwierigsten Umständen die SUESSsche Tradition der großen Linie in der Geologie der Erde aufrecht erhalten zu haben, und kein einziger anderer Forscher hat so wie er sich bemüht, den Bau der Erde als Ganzes wirklich zu verstehen. KOBER war es auch, der speziell die fundamentale Rolle der großen Zwischengebirge in den orogenen Zonen als erster wirklich erkannt hat, und die folgenden Kapitel werden mehr als viele Worte zeigen, welch eminenten Faktor KOBER damit in die Tektonik der Erde eingeführt hat. Daß daneben auch der Begriff des Orogens von KOBER stammt und von KOBER erstmals näher definiert wurde, scheint leider nur allzu wenig bekannt.

So ist das Werk KOBERs, auch wenn die hier folgenden Studien sich oft scheinbar radikal davon entfernen, für deren Anregung und Entwicklung von höchster Bedeutung gewesen.

Es bleibt die moderne Auffassung der Kontinentalverschiebungen im Sinne von WEGENER, wie sie neuerdings auch ARGAND, allerdings mit ganz bedeutenden Modifikationen vertritt. Die Aufstauung der mediterranen Ketten zwischen Atlantischem Ozean und Neu-Guinea kann bei dieser Annahme von kontinentalen Wanderungen ausgezeichnet erklärt und als das Resultat des Vorrückens Indo-Afrikas gegen Eurasien hin angesehen werden. WEGENER schiebt dabei den Gondwanakontinent positiv nach Norden, wogegen ARGAND in der Hauptsache nur zugibt, daß die beidseitigen Kontinente sich in großen Beträgen gegeneinander bewegt haben. Die ostasiatischen Inselbogen werden von WEGENER und ARGAND durch Losreißen vom Kontinentalblock Ostasiens, gewissermaßen als im Untergrund des Pazifik hangengebliebene und nun völlig isolierte Fragmente desselben im Rücken der allgemein nach Westen abdriftenden asiatischen Masse, gedeutet. Immerhin gibt ARGAND auch echte Vorfaltung der Inselbogen vom Kontinent her zu. Die Gebirge Amerikas erklären WEGENER und ARGAND als Stauung der westlichen Kontinentalschelfe am starren

Sima des Pazifik gleichfalls mit der allgemeinen Westdrift der Kontinentalmasse; die beiden Antillenbogen im Norden und im Süden Südamerikas werden dabei als relativ zurückgebliebene Fragmente der andinen Ketten angeschaut, in ähnlicher Weise übrigens wie auch die Inselbogen der Sundasee als bei der Westwanderung Eurasiens im Südosten zurückgebliebene Massen Asiens aufgefaßt werden. Daneben nimmt auch ARGAND, allerdings mit gewissen Vorbehalten, im Atlantischen Ozean die Reste einer alpinen Kette an, die „versuchte“, die Ketten des Ostens mit denen des Westens zu verbinden. Nach WEGENER und ARGAND aber verdanken die beiden Amerika ihre heutige Kon-



Fig. 15. Die Deutung der jungen Gebirge der Erde nach A. WEGENER und E. ARGAND. Schwarz = Mediterranes System. Punkte = Westdriftsystem Amerikas. Strichel = Westdriftsystem Ostasiens und Australiens.

figuration und Stellung im Raum im wesentlichen dem Aufreißen des Atlantischen Ozeans im Gefolge einer mächtigen, die andinen Gebirge des Nordens und des Südens schaffenden allgemeinen Westdrift.

WEGENER erklärt einzelne Bruchstücke der mediterranen Ketten Eurasiens durch ein kräftiges Nordwandern Afrikas, die andinen Gebirge in ihrer Gesamtheit aber durch die Westdrift. ARGAND spricht sich über die effektive Richtung der Bewegung, die zur Bildung der mediterranen Ketten geführt hat, nur sehr vorsichtig aus, hingegen weist auch er der Westdrift der großen Kontinentalblöcke Eurasiens und Amerikas große Bedeutung zu. Sowohl für WEGENER wie für ARGAND geht die Öffnung des Atlantik und die Türmung der Anden auf diesen Vorgang zurück.

Es darf in diesem Zusammenhang nicht unberührt bleiben, daß KOSSMAT bereits 1921 in seiner ausgezeichneten Studie über die medi-

terranean Kettengebirge die Beweglichkeit der starren Schollen der Vor- und Rückländer als unbedingt nötig postuliert hat zur Erklärung des mediterranen Kettenstranges zwischen dem Atlantik und den Molukken. KOSSMAT hat auch als erster die afrikanischen Brüche als bei solchen Wanderungen der Kontinentalblöcke naturnotwendig sich einstellenden Sprünge der Kontinentalmassen gedeutet. Er hat damit auf ganz anderem Wege als WEGENER die Beweglichkeit der Erdschollen gegeneinander erkannt. Im übrigen zeigen gewisse Andeutungen im Schlußband des „Antlitz der Erde“, daß EDUARD SUESS schon 1908 zum mindesten sich mit diesen Problemen sehr eingehend beschäftigt hat. Er findet beispielsweise, es trete rings um den Pazifischen Ozean „eine derartige Anordnung der Faltenzüge hervor, daß für diesen großen Anteil der Erde neben der Kontraktion des Planeten auch die Einwirkung körperlicher Gezeiten oder der Rotation auf den Plan dieser Faltenzüge für möglich gelten“ müsse. Daneben findet sich bei TERMIER und KOBER die Idee der Auspressung der Geosynklinalen durch die aktiv gegen dieselben vorrückenden starren Schollen an ungezählten Stellen, so daß indirekt auch diese beiden ausgezeichneten, den speziellen WEGENERSchen Darlegungen bisher nur skeptisch gegenüberstehenden Forscher eine weitgehende Mobilität der Kontinente, und das ist gerade die große Grundidee WEGENERS, seit langen Jahren vertreten und zugeben. In gewissem Gegensatz zu ARGAND, der bis vor kurzem jede Beeinflussung der alpinen Geosynklinale durch die südliche Rücklandscholle weit eher abgelehnt hat.

Schließlich sei erwähnt, daß ich selber durch das Studium der alpinen Orogenese und die aufmerksame Verfolgung der diesbezüglichen Literatur in meiner Synthese „Der Bau der Alpen“ zu ganz ähnlichen, wenn auch keineswegs gleichen Resultaten in bezug auf die Mobilität der Kontinente gekommen bin, wie sie beinahe gleichzeitig auch WEGENER und ARGAND veröffentlicht haben. Ich gehe dabei naturgemäß wie ARGAND von der orogenetischen Zone des Mittelmeeres, letzten Endes den Alpen aus, aber ich betrachte die Beweglichkeit der kontinentalen Schollen nicht nur als eine vom tektonischen Standpunkte aus heute nicht mehr zu umgehende Erkenntnis, sondern als eine die ganze Entwicklung der Erde revolutionisierende Tatsache. Für den alpinen Sektor, der Europa und Afrika umfaßt, wird dabei ein Nordmarsch Altafrikas, verbunden mit einem Nachnordenstoßen Europas, im Zusammenhang mit der alpinen Orogenese als unumgänglich geschildert. Die afrikanischen Brüche werden wie bei KOSSMAT auf Deformation des wandernden Blockes zurückgeführt, desgleichen die meridionalstreichenden Bruchsysteme Europas. Der Nordstoß des Indoafrikanischen Südkontinentes wird noch in Indien und Australien als wirksam erkannt, und die mächtigen Vorlandgebirge Zentralasiens als

Contrecoups dieses Nordstoßes betrachtet. Auf eine bedeutende West-drift wird verzichtet, das Problem des Atlantik nicht weiter berührt. Hingegen wird am Schluß die Frage nach den Ursachen dieser zwischen Australien und Europa in aller Schärfe offenbaren Kontinentalwande-



Fig. 16. Der Nordmarsch Gondwanas und die Bildung der eurasiatischen Gebirge nach RUDOLF STAUB. (Aus R. STAUB, Bau der Alpen, 1924.)

rungen gestellt und dabei die Vermutung ausgesprochen, es möchte im fernen Osten die allgemeine Nordbewegung der Massen im europäisch-afrikanischen Sektor allmählich in einen Zug nach Süden übergehen, d. h. der eurasiatische Gesamtblock möchte auf diese Weise im Sinne

nach rechts gedreht sein, vielleicht mitsamt dem Südkontinent. Auf solche Weise stände dann eine gewisse Ostkomponente Asiens für die Bildung der ostasiatischen Inselbogen zur Verfügung, gleichzeitig aber auch eine solche Gondwanas gegen Westen, die die Türmung der Anden Südamerikas hätte herbeiführen können. Es wurde weiter die Frage gestellt, ob nicht vielleicht, trotz dem scheinbaren Vorherrschen der Nordbewegung im Hauptsektor Eurasiens und Afrikas, ein Teil Ostasiens sich gegen Süden verschoben hätte. „Die Mechanik dieser gewaltigen Vorgänge vermöchten wir dann zu verstehen als Ausdruck der Polflucht der Kontinente, dieselben wären gewissermaßen von den Polen gegen den Äquator zu durch die Rotation der Erde zentrifugiert worden.“

Die Diskussion dieser wichtigen Fragen blieb naturgemäß im „Bau der Alpen“ unterlassen. Hingegen hat mich seither dieses Problem, d. h. die Suche nach einer einfachen plausiblen Erklärung des ganzen Alpensystems der Erde intensiv beschäftigt. Das Resultat dieser Gedankengänge sind die folgenden Ausführungen.

I. Über das alpine Kettensystem der Erde

A. Die alpinen Leitlinien der Alten Welt

In wahrhaft monumentalem Zuge queren die alpinen Ketten die Länder der Alten Welt. Indo-Afrika im Süden vom Block Eurasiens im Norden scheidend. EDUARD SUESS hat uns erstmals die großartige Gesamtheit dieses Baues mit aller Gewalt seiner Sprache geschildert. LEOPOLD KOBER hat denselben in seinem so weitschauenden Baue der Erde weiter zergliedert, und erst vor kurzem hat EMILE ARGAND in glänzender Synthese es unternommen, das klassische SUESSsche Bild vom Baue Asiens abermals mit neuen, modernen Gedanken zu erfüllen und an Hand der neuen Literatur bedeutend zu ergänzen und zu modifizieren. Diese drei großen Standardwerke über den Bau Eurasiens bilden, zusammen mit den neueren Fortschritten der Erkenntnis besonders in Europa, Nordafrika, China und Russisch-Asien, die Grundlage zu weiterer Diskussion. Dank ihnen werde ich auf Details nicht mehr einzutreten haben, und kann mich dafür um so eingehender dem großen Zusammenhang der eurasiatischen Grundeinheiten zuwenden.

Ein mächtiges Bündel von Ketten liegt vor uns. Ein System von ganz verschiedenen Bruchstücken. Als gewaltige Achse des Ganzen zieht das zentrale Stammorogen der alpinen Geosynklinale, das System der Tethys, von West nach Ost, beidseits begleitet von oft ausge dehnten Zonen deformierter Fragmente der Vor- und Rückländer. Bald erscheinen diese Gebirge eng zusammengedrängt wie in den Alpen,

bald treten sie garbenförmig auseinander und umschließen weite Ebenen und Hochländer. So erkennen wir eine ganze Reihe von großen Scharungen des alpinen Systems, die dasselbe in seinem Verlaufe im Streichen, in seinem Grundriß, in verschiedene Sektoren gliedern, und von denen aus die Ketten in mannigfachen Virgationen wiederum auseinanderstrahlen, um zwischen ihren einzelnen Gliedern die starren Plateaus ungefalteter Zwischengebirge erscheinen zu lassen. Um dieselben schmiegen sich die Ketten als um ältere Fragmente von erhöhter Steifheit in eleganten Kurven herum, und nur an Stellen höchster



Fig. 17. EMILE ARGAND, Carte tectonique de l'Eurasie.

(Aus E. ARGAND, La Tectonique de l'Asie, 1924.)

tektonischer Exposition werden auch diese einsamen Zwischenmassen von der allgemeinen Faltung oder Bewegung mit ergriffen, zusammengepreßt, übereinander gestoßen, und wie im Beispiel der Alpen, sogar deckenförmig weit über ihre normalen Randgebirge hinweggeschoben.

Zwei große Hauptscharungen der eurasiatischen Gebirge treten hervor, die sämtliche alpinen Ketten, von den nördlichen Vorlandgebirgen bis zu den südlichsten Rücklandfalten umfassen: eine westliche in Armenien, zwischen dem Kaukasus und Mesopotamien, und eine östliche im Hochland von Pamir, zwischen dem nördlichen Tianschan und dem Indus. Durch diese beiden Hauptscharungen der Gebirge der Alten Welt zerfällt das ganze **System der eurasiatischen Ketten** in drei wohlabgeschlossene Sektoren; dies sind:

1. **Die orogene Zone des Mittelmeeres**, zwischen Atlantischem Ozean und der armenischen Scharung.
2. **Der asiatische Westen** bis zur Scharung von Pamir.
3. **Der asiatische Osten** zwischen Pamir und dem Pazifik.

Die armenische Scharung kann zudem als natürlichste Grenze zwischen den europäischen und den asiatischen Gebirgen betrachtet werden.

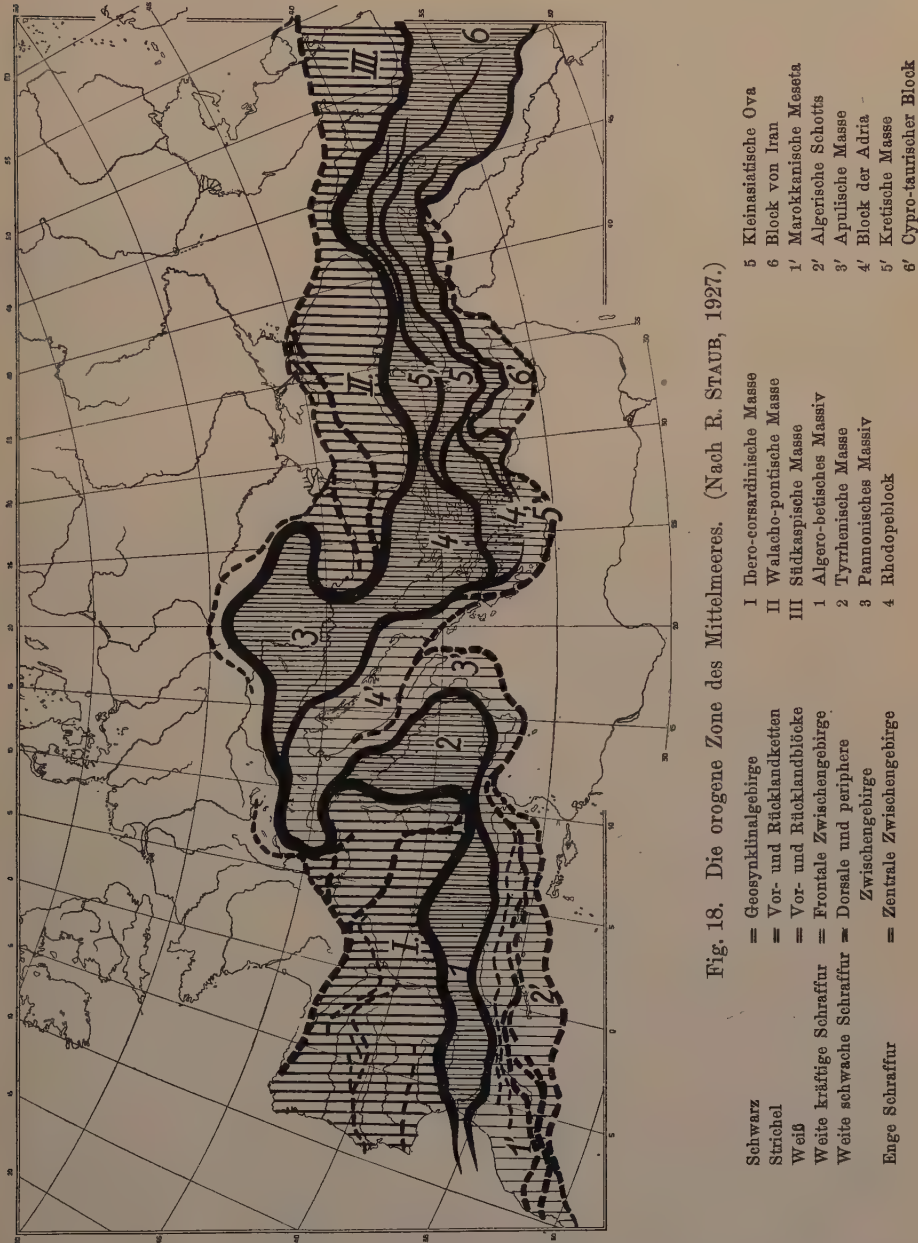
Weit im Osten schließt sich diesen drei eurasiatischen Sektoren endlich das Segment der **Gebirge Australiens** und **Ozeaniens** als eine gewisse Sondereinheit im Bau der Alten Welt an.

Wir beginnen nun unsere Analyse der eurasiatischen Leitlinien im Westen und überblicken daher zunächst einmal

1. Die orogene Zone des Mittelmeeres

Da erkennen wir an den Ufern des Atlantik zwischen Atlas und Pyrenäen zum erstenmal die große Quergliederung des alpinen Gesamtsystems, in den Gebirgen Spaniens und Marokkos. Durch die mächtigen Zwischenmassive der iberischen und der marokkanischen Meseta weit von den Vorlandketten der Pyrenäen-Asturen und den Rücklandgebirgen des Atlas getrennt, ziehen die **geosynklinalen Zentralketten** im Rif und der Betischen Kordillere an der Straße von Gibraltar in geschlossenem Kettenfächer in die Alte Welt ein. Das geosynklinale Stammorogen, sonst auf weite Strecken deutlich gegliedert in **Alpiden** und **Dinariden**, ist hier wie in den Alpen zu einem einzigen Gebirgswall geschart. Aber schon wenig weiter östlich tritt dieses zentrale Gebirgspaar des mediterranen Systems weit auseinander und schalten sich zwischen die dinarischen Züge des Tell im Süden, die Betische Kette und die Balearen im Norden, die mächtigen heute vom Meere überfluteten Zwischengebirge des südwestlichen Mittelmeeres ein, als das komplex gebaute algero-betische Zwischenmassiv. Im Meridian von Korsika—Sardinien—Tunis scharen sich nördliche und südliche Ketten, Alpiden und Dinariden, von neuem enger zusammen, um gleich darauf abermals auseinanderzutreten im Umkreis des weiten Tyrrhenischen Meeres. Die dinarischen Zweige erreichen durch Sizilien und Kalabrien den Kalkapennin der Basilicata und der Abruzzen, die Elemente der Alpiden ziehen dem Ostrand Sardiniens entlang durch die westlichste Tyrrhenis hinauf nach Korsika, Elba und in die Gebirge Toskanas. Zwischen Florenz und den Quellen des Tiber vereinigen sich dann die beiden geosynklinalen Zentralketten der alpinen Zone zum drittenmal und bilden nun, von der Toskana an, in gewaltiger Drängung und Kettenraffung das Hauptgebirge Europas, die Alpen. Erst am Westrande der ungarischen Tiefebene strahlen die Einzelelemente

dieser mächtigsten Scharung Europas — wir werden gleich sehen, daß auch die Vorlandketten in dieselbe einbezogen sind — in großer Virgation



vor dem in den Tiefen Ungarns verborgenen pannonischen Massiv wieder auseinander, diesmal zu Karpathen und Dinariden. Aber auch Karpathen und Dinariden raffen sich in Serbien abermals zu einem

einigen ununterbrochenen Gebirgsfächer zusammen und treten dabei in die vierte der großen europäischen Scharungen ein. Jenseits derselben endlich weichen dann die Elemente des alpinen Zentralorogens durch das Balkan- und das Pontusgebirge einerseits, die Helleniden und die Tauriden andererseits in komplizierter Virgation erneut auseinander und umschmiegen in Mazedonien und Thracien, im ägäischen Meer und in Kleinasien eine ganze Reihe einzelner Zwischenmassive. Erst in Armenien drängen die alpinen Ketten sich wieder enger zusammen und erreichen hier, im Süden des Kaukasus, die große armenische Scharung, die den orogenen Sektor des Mittelmeeres gegen Osten hin natürlich abschließt, als die eigentliche tektonische Grenze gegen die Gebirge Asiens.

So lassen sich von Westen nach Osten im geosynklinalen Zentralzug der orogenen Zone des Mittelmeeres folgende Abschnitte in aller Deutlichkeit unterscheiden:

1. Die **Scharung von Gibraltar.**
2. Die Virgation um das algero-betische Massiv.
3. Die **tunesisch-sardinische Scharung.**
4. Die italienische Virgation um die tyrrhenische Masse.
5. Die **Scharung der Alpen.**
6. Die ungarische Virgation um das pannonische Massiv.
7. Die **serbische Scharung.**
8. Die ägäisch-kleinasiatischen Virgationen.
9. Die **armenische Scharung.**

Die Scharung der Alpen erscheint somit im Zentrum der orogenen Zone des Mittelmeeres.

Einige Bemerkungen über den **Apennin** mögen hier noch am Platze sein, und zwar um so eher, als die Stellung des Apennin zu den übrigen europäischen Gebirgen eine immer noch sehr umstrittene ist.

Der Apennin, so wie er von Ligurien und Piemont durch ganz Italien hinabzieht nach Kalabrien und Sizilien, ist keine geschlossene tektonische Einheit wie etwa die Alpen oder die Karpathen, oder wiederum die Dinariden oder die Betische Kordillere, sondern der Apennin besteht aus zwei ganz grundverschiedenen Bruchstücken.

Der ganze Norden hängt aufs engste mit den eigentlichen Alpen zusammen, und die alpinen Elemente Westliguriens ziehen bei Genua mit großartigem alpinem Deckenbau als wohlgeschlossene Einheit in den nördlichen Apennin hinein. Das Fenster der Apuanischen Alpen ist wie dasjenige der Hohen Tauern als ein Aufbruch im komplex gebauten alpinen Deckenscheitel zu deuten, in welchem wie in diesem tiefere, z. T. sicher penninische Serien zum Vorschein kommen. Zur

Zone der Alpen gehört unstreitig das ganze Gebiet des ligurischen und toskanischen Apennin samt den Apuaner Alpen und der Catena Metallifera; diese Gebiete zeigen alpine Tektonik mit ausgesprochenem Deckenbau, sie zeigen aber auch alpine Sedimentserien, alpines Grundgebirge und alpine Ophiolithe, und diese Gebirge des Nordapennins bilden mit Korsika, Elba und den übrigen Inseln des Toskanischen Archipels eine großartige Einheit für sich. Diese Einheit ist nichts anderes als die nirgends ernstlich unterbrochene unmittelbare Fortsetzung der Westalpen.

In Toskana nun sehen wir — BERNHARD STUDER hat schon vor bald 80 Jahren in seiner weit über die engen alpinen Grenzen hinausgreifenden „Geologie der Schweiz“ darauf aufmerksam gemacht —, wie sich diese ganze Zone des alpinen Nordapennins immer mehr vom allgemeinen Apenninstreichen entfernt und entschlossen durch ganz Toskana hinab nach Süden zieht. Zwischen Livorno und Civitavecchia streicht dieses ganze Gebirge des alpinen Nordapennins ins tyrrhenische Meer hinaus.

Östlich dieser wohlgeschlossenen Einheit nun erscheint ein gewaltiger Zug von Miozän und Pliozän, aus der Gegend von Bologna über Perugia und Terni bis hinab nach Tivoli vor die Tore Roms reichend. Diese jungtertiäre Zone durchreißt somit den ganzen Apennin, und diese im allgemeinen so wenig beachtete Zone trennt damit vor allem, von Bologna bis hinab nach Rom, die westlichen Gebirge der Toskana in aller Schärfe von den östlich anschließenden Ketten des Umbrischen und Römischen Apennins. Aber diese Jura-Kreidegebirge Umbriens sind nur der Beginn jenes mächtigen zweiten Teiles der italienischen Gebirge, der von hier an als der sog. Kalkapennin durch die Abruzzen in die Basilicata hinabzieht, und dieser Kalkapennin Mittel- und Unteritaliens erscheint somit östlich der Mulde Bologna-Tivoli als ein eigenes Gebirge, das sich gegen Süden hinab mehr und mehr von den alpinen Ketten Toskanas entfernt. Der Kalkapennin aber zeigt dinarisch-südalpine Fazies und er zeigt auch dinarischen Bau. Er steigt in der Romagna und in Umbrien unter den Gebirgen Toskanas als neues Element der Apenninkette hervor, als die Fortsetzung der lombardisch-venezianisch-dinarischen Randzonen der Alpen.

So trennen sich also in Umbrien alpiden und dinariden Glieder des Apennins. Die alpiden Ketten der Toskana ziehen samt den Elementen Korsikas und Elbas durch den Westteil der Tyrrhenis nach Süden, die dinarischen Elemente des Kalkapennins erreichen die Basilicata, Kalabrien und Sizilien, sie umschlingen auf solche Weise die tyrrhenische Senke im Osten und Süden.

Dabei erkennen wir im Süden eine deutliche Zweiteilung dieser dinarischen Ketten, eine Zweiteilung, die sich auch weiterhin im westlichen

Mittelmeer geltend zu machen scheint. Eine südliche Zone kristalliner Massive steht einem ausgedehnten Kalkgebirge im Norden gegenüber, das an vielen Stellen deckenförmig auf und über die kristalline Außenzone geschoben ist. Zu dieser kristallinen Zone gehören die Gebirge Kalabriens, mit Sila und Aspromonte, die peloritischen Berge auf Sizilien, dann die kristallinen Massive Algiers, die die Basis des algerischen Tells bilden. Die innere Kalkzone streicht von Nordkalabrien in die Kalkgebirge Siziliens, vor allem Palermos hinüber, und sie erscheint wieder im eigentlichen marokkanischen Rif.

So besteht der **Apennin** zwischen Sizilien und dem Piemont aus zwei grundverschiedenen Teilen, den **alpiden** Gebirgen Liguriens und Toskanas, und den **dinarischen** Elementen des Kalkapennins, Kalabriens und Siziliens. Zwischen beide Elemente schiebt sich die meererfüllte tyrrhenische Masse, an deren Nordspitze dort, wo die beiden Kettenzüge einander sich immer mehr nähern, die mächtigen römischen Vulkane aufgebrochen sind.

Im Umkreis der tyrrhenischen Masse sind auf diese Art, wie um das pannonische Massiv Ungarns, die geosynklinalen Zentralketten der Alpiden und der Dinariden durch ein weites Zwischengebirge getrennt. Zwischen Toskana und der Steiermark aber treten Dinariden und Alpiden zu einem mächtigen Kettengebirge in gewaltiger Scharung zusammen, im einheitlichen Zuge der Alpen. Da wir nun aber diese Scharung von alpiden und dinarischen Elementen, die sowohl nach Osten wie nach Süden, im westlichen Ungarn und in der östlichen Toskana wieder in einzelne Sonderketten ausstrahlt, unbedingt als eine Einheit, als einen wohlabgeschlossenen Sektor für sich betrachten müssen, so reicht damit der eigentliche Abschnitt der Alpen in tektonischer Beziehung so weit wie diese Scharung, d. h. der Sektor der Alpen beginnt in Toskana, zwischen Perugia und Florenz, und endet im Osten etwa an der Linie Triest-Klagenfurt-St. Pölten. Im Süden treten so die Alpen in die west-tyrrhenischen Ketten, den Kalkapennin und die tyrrhenische Masse auseinander, im Osten in Karpathen, Dinariden und das pannonische Massiv.

Soviel zur Gliederung der geosynklinalen Zentralketten Europas. Betrachten wir nun die **Vor- und Rücklandgebirge**, die in breitem Saum das zentrale Orogen begleiten. Pyrenäen-Asturen und Alpiden umschließen auf gegen 15 Längengrade die **iberische Meseta** als das mächtigste Zwischengebirge Europas. Aber auch der Bau dieser, den Alpiden und Pyrenäen gegenüber einheitlich wirkenden starrereren Masse ist komplexer Natur. Auch hier haben gewisse Unterschiede der Steifheit im iberischen Mosaik Anlaß zu einer Reihe sekundärer Scharungen und Virgationen

gegeben. So verrät uns der Verlauf der einzelnen Ketten der Iberiden die Existenz von Massiven erhöhter Widerstandsfähigkeit im Untergrund der spanischen Tertiärbecken. Die iberiden Ketten umfließen diese Niederungen genau so wie Dinariden und Karpathen die Pannonische Masse. So scharen sich an den beiden seitlichen Enden des Ebrobeckens die Ketten der Hesperen und Katalanen mit den Pyrenäen, so scharf sich am Ostende Alt-Kastiliens die Sierra de la Demanda mit der kastilischen Zentralkette, so klingen die Sierren von Toledo und Ciudad Real im neukastilischen Becken aus und scharen sich die Elemente der Sierra Morena und der Hesperen am Golf von Valencia. So treten am oberen Guadalquivir die Randketten der Betischen Kordillere und die Vorlandgebirge der Sierra Morena auseinander, und erscheint dazwischen das mit Tertiär erfüllte Becken Andalusiens als neues Zwischengebirge.

Und im Rückland der alpinen Zentralketten sehen wir in **Nordafrika** ähnliches. Der ganze Bau Marokkos ist der einer großartigen Virgation gegen den Ozean hin. Alles strahlt gegen Westen auseinander. Um den Meridian des Col de Taza sind alle marokkanischen Ketten zu einem einzigen großen Gebirgslande gerafft, vom Rif bis hinein zum Hohen Atlas. Dann schaltet die marokkanische Meseta sich ein. Der Mittlere Atlas löst sich vom Rif, und zwischen seine ersterbenden Ketten schaltet der Hauptteil der flachen Meseta sich ein. Der Hohe Atlas trennt sich vom Mittleren, der Anti-Atlas vom Hohen Atlas ab. Dazwischen erscheinen die Ebenen des Haouz und des Sous. Gegen Osten bleiben der Mittlere Atlas und die südlichen Elemente des Rif lange Zeit relativ eng aneinander geschart, nur südlich Oran treten sie etwas auseinander. Hingegen schieben sich zwischen Mittleren- und Hohen-, und Hohen- und Sahara-Atlas die mächtigen Plateaus der algerischen Schotts. An der tunesischen Grenze jedoch schließen sich auch diese südlichsten Elemente des alpinen Orogens samt dem algerischen Tell hinter der großen zentralen Scharung an Sardinien wieder enger zusammen. Im gleichen Sektor übrigens, in welchem sich im Norden, in der Provence, die Pyrenäen mit den Alpen scharen, oder abermals weiter im Norden der Jura sich an die Alpen drängt.

Auch außerhalb der geschlossenen alpinen Vorlandketten treffen wir immer noch ähnliche Verhältnisse. Auch hier treten die einzelnen Faltenelemente bald in enger Scharung zusammen, bald umfließen sie weite Zwischenmassive. Nur ein Beispiel sei hier davon noch erwähnt, trotzdem sich Dutzende finden ließen. Das ist die Region zwischen dem Zentralplateau **Frankreichs** und den jungen Ketten.

Die Pyrenäen öffnen sich an ihrem Ostende bei Perpignan deutlich in zwei Äste. Der eine zieht mit Südostrichtung gegen Sardinien zu, der andere erreicht durch Südfrankreich die Provence. Da sehen wir

nun, wie in der Gegend von Nîmes der provençalische Ast der Pyrenäen sich von neuem ostwärts öffnet und in zwei selbständigen Zügen den Alpen zueilt. Der südliche Zweig erreicht über die Rhône die eigentliche Provence, biegt um den Estérel herum nach Süden ein und schart sich in der Gegend von Nizza mit den Alpen. Der nördliche zieht dem Südostrand des Zentralplateaus entlang durch die Sevensen und die Falten des Hérault gegen Montélimar hinauf. Dort schließt er sich zusammen mit den alpinen Randketten des Dauphiné. Aber gleich darauf irrt dieses selbe nördlichste Glied des Pyrenäensystems vor einem unsichtbaren Massiv im Untergrund der Schweizer Molasse samt den äußeren Ketten des Dauphiné in den Bogen des Jura ab.

Zwischen Alpen, provençalischen Ketten und Sevensen erscheint somit das Becken der Basse Durance als ein maskiertes steifes Massiv, das ringsum von jungen Ketten umflossen wird, die an seinen Enden sich eng zusammenschließen. Im Westen vereinen sich Sevensen und provençalische Ketten, im Osten provençalische Ketten und Alpen, im Norden Sevensen und Alpen. Die ersten zwei Scharungen erscheinen als definitive, die einmal vereinigten Ketten treten nicht mehr auseinander. Die Faltenzüge der Sevensen aber lösen sich, schon wenige Kilometer nördlich der Scharung mit den alpinen Randketten in der Gegend von Montélimar, abermals von den Alpen ab und strahlen erneut in die äußeren Ketten des Jura aus. Zwischen Jura und Alpen schiebt sich dabei als weiteres Zwischengebirge der Untergrund der Molasse.

Wir sehen, überall regieren die steifen Massen der **Zwischengebirge** den Verlauf der Ketten.

Für die weitere Verfolgung der alpinen Leitlinien und das Verständnis ihrer oft gewaltigen Ablenkungen aus dem primären Streichen ist diese west- und zentraleuropäische Gliederung des großen mediterranen Orogens von hoher Bedeutung. Zeigt sie uns doch auf kleinstem Raume die ungeheure Mannigfaltigkeit der Möglichkeiten. Wir stehen mitten drin im Spiel der Scharungen und der Virgationen, und wir erkennen weithin die verschiedensten Fremdkörper im alpinen Gebirgssystem, die als starre Zwischengebirge sich einschalten. Wir verfolgen die Deformationen, die die einzelnen Ketten im Streichen erleiden, indem sie auf diese steiferen Massen stoßen, und wir fühlen, welche entscheidende Rolle diese in das Orogen eingestreuten Fremdkörper spielen müssen. Wir sehen, wie sich mächtige Vorlandgebirge vom zentralen Geosynklinalorogen ablösen können, und wie dieselben in oft weiten Kurven ein nun zwischen sie und den Zentralzug eingeschaltetes steifes Massiv umfließen. Wir erkennen hier an wundervollen Beispielen die **kettenzerteilende Kraft dieser alten Massen**, die großartige **faltendirektierende Rolle** dieser wahren **Leitstücke** der jüngeren Ketten. Aber was wir hier auf kleinem Raume

an gutstudierten Beispielen vor uns sehen, wiederholt sich nun stets, oft in weltumspannendem Maßstab, bei der Verfolgung des alpinen Gesamt-
orogens nach Westen und nach Osten.

Verweilen wir noch einen Moment bei diesen so lehrreichen **Zwischengebirgen**. Wir haben gesehen, daß das alpine Gesamtrogen sich gliedert in die alpin-dinarischen Zentralketten, die Vorlandgebirge und die Ketten des Rücklandes. Jedes dieser Einzelelemente kann eigene Zwischengebirge umschließen oder durch solche von den andern Gliedern abgetrennt werden. Es lassen sich auf diese Art fünf verschiedene Positionen solcher Zwischenmassive unterscheiden.

Zunächst solche, die sich in der Axe des Zentralorogens, zwischen Alpiden und Dinariden einfügen. Das sind die zentralen Zwischengebirge. Ihr Typus ist Ungarn oder Kleinasien. Sodann erkennen wir solche, die an der Front oder im Rücken des Zentralorogens sich einschalten. Das sind die frontalen und die dorsalen Zwischengebirge. Als Typus eines frontalen Zwischengebirges erscheint uns die Masse der spanischen Meseta, als Typus der dorsalen der Nordteil der marokkanischen Masse. Endlich schälen sich Zwischengebirge auch an den Peripherien des Gesamtorogens, innerhalb der Vor- und Rücklandketten heraus, wir können dieselben die peripheren Zwischengebirge nennen. Die Ebene des Haouz und des Sous, die algerischen Schotts, die Bassins von Kastilien und das Ebrobecken sind solche peripheren Zwischengebirge. Wir werden sehen, wie im Verlauf unserer Studien diese Verteilung stets wieder hervortritt. —

Im **östlichen Teil** der orogenen Zone des Mittelmeeres finden wir nun; in **Osteuropa** und **Kleinasien**, eine ganz ähnliche Anordnung der Vor- und Rücklandketten in bezug auf das geosynklinale Zentralrogen wie im Westen.

Da strahlt östlich der großen serbischen Scharung des alpinen Gesamtsystems das Balkangebirge in Bulgarien in deutlicher Virgation auseinander. Die südlichen Äste mit alpiner Fazies und der kristallinen Zone streichen gegen Südosten durch das Istranzagebirge und über den Bosporus in die pontischen Ketten Kleinasiens, die nördlichen rein sedimentären Außenketten erreichen südlich Varna mit Ostwestrichtung das Schwarze Meer. Möglicherweise erlöschen sie in demselben, doch weist das Streichen des Krimgebirges so auffallend gegen das Ende der Balkanzüge hin, daß es wahrscheinlicher scheint, daß diese nördlichen Außenzonen des Balkans über die Krim den großen **Zug des Kaukasus** erreichen. Auf jeden Fall aber strahlt der Balkan vor dem Schwarzen Meer auseinander wie vor einem steifen Massiv, und schaltet sich schon auf dem Festlande zwischen nördlichen und südlichen Ketten wie ein großer Keil das mächtige Vulkangebiet von Burgas ein, das in dieser Stellung ganz außerordentlich an die Position

der römischen Vulkannarbe zwischen alpiden und dinariden Zweigen des Apennin erinnert.

Ein ähnliches Auseinanderstrahlen der jungen Ketten beobachten wir nun auch im Osten des Schwarzen Meeres. Da liegt vor der großen Raffung der alpiden und dinarischen Ketten in Armenien das mächtige Vorlandgebirge des Kaukasus; dessen Hauptketten liegen gerade vor dieser armenischen Scharung, und der Kaukasus selber tritt hier, zwischen Kutais und Tiflis, mit den alpinen Zentralketten Armeniens in direkten Kontakt. Sowohl gegen Osten wie gegen Westen aber entfernt sich nun dieser gleiche Kaukasus weit vom alpinen Zentralorogen. Die Nordfront der Alpiden zieht dem Südufer des Pontus entlang über Trapezunt nach Südwesten, der Kaukasus hingegen strahlt am Nordsaum desselben weit nach Nordwesten aus und erreicht über die Enge von Kertsch das Gebirge der Krim.

Die vordersten alpinen Ketten treten also sowohl im östlichen Bulgarien wie beidseits des Beckens von Kutais vor dem Schwarzen Meere auseinander wie vor einem gewaltigen steifen Massiv. Das heißt wir müssen in dessen Tiefen ein mächtiges Zwischengebirge vermuten, das die Vorlandketten des Kaukasus und der Krim über gewaltige Strecken von der Front des alpinen Zentralorogens trennt. Das Zwischengebirge des Schwarzen Meeres schiebt sich als die Pontische Masse in mächtigem Keile zwischen die nördlichsten alpinen Ketten ein, es sprengt dieselben und scheidet das Vorlandgebirge des Kaukasus und der Krim von der alpiden Nordfront der kleinasiatischen Küstengebirge. Genau wie im Westen Europas die iberische Meseta sich zwischen Pyrenäen und Alpiden einschiebt. Der Kaukasus erscheint dabei in der Stellung der Pyrenäen, und die Pontische Masse im Schwarzen Meer gehört somit wie die spanische Meseta zum Typus der frontalen, iberischen Zwischengebirge.

Die Pyrenäen verzweigen sich gegen Osten, mit Annäherung an den Sektor Mitteleuropas in drei wohldifferenzierte Einzeläste. Der eine zieht gegen Sardinien hinab, quert im Südwesten der Insel das Iglesiasie und schart sich südöstlich Sardinien mit dem Alpidenzug; der zweite erreicht die Provence, wo er sich auf weite Strecken den südlichen Westalpen entlang nach Osten zieht, der dritte endlich zweigt von Nîmes dem Rande des Zentralplateaus entlang durch die Sevensen gegen Montélimar hinauf ab, und erscheint in seinen äußersten Zweigen noch im Jura. Der sardinische Ast scheidet so die Masse der eigentlichen spanischen Meseta vom korsardinischen Block, und dieser selber scheint durch die provençalischen Ketten wiederum in zwei Teile zu zerfallen, das Massiv der Maures und das versteckte der Basse Durance, das gegenüber den Alpen genau die Stellung von Korsika

einnimmt. Die Sevennen endlich bilden die Grenze der jungen Ketten gegen das Zentralplateau. Die Ibero-korsardinische Masse wird also durch die östlichen Ausläufer des Pyrenäensystems in verschiedene eigene Kompartimente gegliedert. Betrachten wir nun den Osten.

Da erkennen wir ganz ähnliche Verhältnisse, die weitgehende Vergleiche mit dem Westen Europas gestatten. Zunächst verzweigt sich der Zug des Kaukasus mit Annäherung an den mitteleuropäischen Sektor der alpinen Ketten in ganz ähnlicher Weise wie im Westen die Pyrenäen dies tun. Das Auseinanderstrahlen des Kaukasus an der Enge von Kertsch ist seit langem bekannt. Dann sehen wir aber auch das eigentliche Krimgebirge sich deutlich nach Westen verzweigen. Der Südteil zieht, durch den Verlauf der Tiefenishypsen im Schwarzen Meer recht deutlich markiert, gegen das Ende des Balkangebirges bei Varna; der nördliche erreicht das der Krim in jeder Hinsicht entsprechende Gebirge der Dobrudscha. Die Hauptzüge dieses merkwürdigen Fragmentes weisen über Galatz hinauf an den Rand der Karpathen, doch scheinen gewisse Leitlinien auch dem sog. Donaubruch entlang nach Westen zu ziehen. Die bulgarische Kreidetafel maskiert hier eben wichtige ältere kimmerische Linien. Auf jeden Fall aber erkennen wir weitgehende Verzweigungen des Kaukasussystems, die auf frappanteste Weise denen der Pyrenäen entsprechen. Durch diese verschiedenen Ausläufer des Kaukasuszuges zerfällt der Raum zwischen dem geosynklinalen Zentralorogen und dem Vorlandsystem Dobrudscha-Krim-Kaukasus in zwei Hauptteile, die durch die Verbindung der nördlichen Balkanketten mit der Krim getrennt werden: die eigentliche Pontische Masse im Osten, und den durch den Donaubruch abermals gespaltenen Horst der Walachei im Westen.

Dank dieser ausgezeichneten Gliederung der osteuropäischen Vorlandketten können wir die **Vergleiche mit dem europäischen Westen** nun noch viel weiter treiben als bisher.

Der Kaukasuszug entspricht den Vorlandgebirgen der Pyrenäen, und der Ibero-korsardinische Block findet sein ausgezeichnetes Analogon im Osten in der Walacho-pontischen Masse. Dieselbe bildet ein gewaltiges Zwischenmassiv zwischen der Front der Alpiden und dem Vorlandgebirge des Kaukasuszuges. Im Osten schart sich der Kaukasus mit den armenischen Ketten, im Westen scharen sich die Falten der Dobrudscha mit den Ketten der Karpathen. Zwischen diesen beiden Scharungen liegt die Walacho-pontische Masse als tiefversenktes frontales, iberoïdes Zwischengebirge. Dabei entspricht die Pontische Masse im Schwarzen Meer der iberischen Meseta, der Block der Walachei dem corsosardischen Massiv. Dem sardinischen Ast der Pyrenäen steht der balkanische des Kaukasus gegenüber, und der Zug, der von

der Dobrudscha in die Karpathen zieht, nimmt die Stellung einer Art östlicher Sevennen ein. Die Sevennen trennen die korsische Masse vom steifen Vorlandblock des französischen Zentralplateaus, die Kette der Dobrudscha den Walachischen Horst von der Podolischen Masse Rußlands. Der Donaubruch schließlich mag mit andern heute durch jüngere Transgressionen maskierten Zügen ein schwaches Analogon zu den Ketten der Provence sein. Und wenn wir die Analogien noch weiter treiben wollen, so mögen wir uns daran erinnern, daß etwa von Kimpolung in der Moldau an die äußeren Karpathenfalten mit Richtung auf Przemyśl und Krakau hin in ähnlicher Weise sich von dem gegen die Hohe Tatra hinüberziehenden Hauptzug der Karpathen ablösen, wie etwa an der Rhone südlich Genf das Juragebirge von den Alpen abirrt. Die äußeren Züge der Karpathen würden auf diese Weise ein östliches Gegenstück des Jura darstellen.

Bestehen alle diese Zusammenhänge zu Recht, so ergibt sich weiter noch folgendes interessante Bild: Der Bogen der Westalpen dringt in den leeren Winkel zwischen Provence und Sevennen-Juraketten ein, der Bogen der Südostkarpathen in das offene Dreieck zwischen Dobrudschazug und Donaubruch. Mit anderen Worten, sowohl die Südostkarpathen wie die südwestlichen Alpen dringen in tiefliegende Zwischengebirge zwischen älteren Ketten ein. So gestaltet sich der Vergleich zwischen West- und Osteuropa immer mehr zu einem überaus lehrreichen und kurzweiligen Bilde.

Schließlich mag es vielleicht hier auch am Platze sein, ganz kurz einmal auf die regionalen tektonischen Zusammenhänge zwischen **Alpen und Karpathen** etwas aufmerksam zu machen. Eine genauere Begründung der nachfolgenden Ausführungen wird allerdings an anderer Stelle noch erst zu geben sein, da hier lediglich die großen Züge interessieren.

Die östlichen Alpen setzen über die Donau in die Karpathen fort. Die Flyschzone des Wienerwaldes entspricht dabei der großen Sandsteinzone der Karpathen, die grisonide Klippenzone der östlichen Alpen den Klippen der Pieninen. Die grisoniden Elemente des Semmering ziehen nach Nordosten hinauf in die Tatra; das durch die ausgezeichneten Untersuchungen RABOWSKIS und GOETELS nun völlig gesicherte Fenster der Hohen Tatra mit den hochtatratischen Elementen dürfte ein Analogon des Wechsels sein, die subtatratischen Einheiten entsprechen den eigentlichen Semmeringdecken. Nördliche Kalkalpen und oberostalpine Zentralzone, die im Westen die Semmeringelemente übersteigen und weitgehend überfahren, bleiben im Osten hinter der Tatra zurück, sie erscheinen nur südlich der subtatratischen Elemente im Ungarischen Mittel- und Erzgebirge. Der Drauzug, der im Westen das alpine Gebirge gegen die dinarischen Züge abschließt, streicht durch den Bakony gegen Budapest hinauf.

Südlich davon schaltet sich endlich die pannonische Masse zwischen diesen Drauzug und die dinarischen Glieder ein.

Die Zone der Pieninen setzt in den stellenweise sehr stark geschuppten Außenrand der moldauischen Gneismasse der Ostkarpathen fort, sie erreicht über die Zone des Bucegi längs der großen Überschiebung von Sinaia die walachische Ebene. Das moldauische Kristallin mit den Sedimentschuppen des Haghimas-Gebirges entspricht den subtratischen Elementen der Nordkarpathen und somit den äußeren Gliedern der Austriden der Alpen, d. h. den Grisoniden. Die Äquivalente der oberostalpinen Decken der Alpen liegen im Bihargebirge, genauer im Bergland zwischen Groß-Wardein, Klausenburg, Alba Julia-Sebes und Temesvar-Arad, im Nordosten, Osten und Süden stets deutlich von der kristallinen Masse der Moldau, d. h. der grisoniden Zone, getrennt. Die austriden Elemente, die in den Alpen deckenförmig als ober-, mittel- und unterostalpine Decken übereinanderliegen, sind also hier im Osten nur hintereinander gereiht, und das große Oberkreide-Tertiärbecken Siebenbürgens erscheint so gewissermaßen nur als erhalten gebliebene Vortiefe vor der in einem embryonalen Zustand verbliebenen oberostalpinen Decke des Bihargebirges. Die die kristallinen Massen des östlichen und des südwestlichen Bihar im Westen, resp. im Norden begleitenden sedimentären Faltenzüge nehmen im großen die Stellung des alpinen Drauzuges und des Bakony ein, die kristalline Masse im Kodru, die westlich an diese Sedimentgebirge anschließt, ist ein Stück pannonischer Masse.

Die oberostalpinen Elemente des Bihargebirges ziehen nördlich des Mures nach Westen zurück, die grisoniden Einheiten der Ostkarpathen erreichen die transsylvanischen Alpen und das Eiserne Tor. Aber während in den Ostkarpathen eine junge Unterlage dieser grisoniden Einheiten der Moldau nirgends auf größere Breiten aufgeschlossen ist, weil das ganze Gebirge tief in die große allgemeine Depression der russischen Tafel versenkt ist, erkennen wir in den Südkarpathen vor dem stauenden Block der Walachei auf einer großen Axenkulmination des Gebirges über weite Strecken ein regelrechtes Schwimmen der grisoniden Elemente auf Mesozoikum und tieferen kristallinen Einheiten. Die Grisoniden der Südkarpathen schwimmen als die seit MRAZEC, MURGOI und VOITESTI klassisch gewordenen „Getischen Decken“ auf der Zone des Paring, die in einer ganzen Serie mächtiger Fenster vom Typus der Hohen Tatra oder der Tauern, teilweise mit flachem Kuppelbau, unter ihnen erscheint. Der Paring ist die Hohe Tatra der Walachei, der Wechsel der Südkarpathen. Am Eisernen Tor zieht diese tiefste kristalline Einheit der Karpathen mit großen Mengen grüner Gesteine über die Donau nach Serbien hinein.

Das seit langem bekannte Auftreten der Grünen Gesteine am Paring, die wie in den Alpen oder im Apennin mit roten und grünen Radiolariten auf das engste verknüpft sind, läßt vermuten, daß wir hier eine Fortsetzung der penninischen Zone der Alpen vor uns haben, und bei der sonstigen völligen tektonischen Äquivalenz von Paring, Hoher Tatra und Wechsel erhebt sich unwillkürlich auch die Frage, ob nicht vielleicht auch Tatra und Wechsel Äquivalente penninischer Einheiten der Alpen sein könnten, die nur etwas die besondere penninische Fazies verloren hätten. Ein Verflachen der penninischen Geosynklinale zwischen Wechsel und Tatra ließe sich sehr wohl begreifen, da gerade hier die penninische See den großen Hauptzug der europäischen Herzyniden zu queren hatte, der von den Sudeten längs dem Ostrand der Böhmisches Masse direkt nach Süden gegen Westungarn hinabzog. Ophiolithe fehlen sowohl dem Semmering wie der Tatra, aber sie stellen sich jenseits dieser letzteren am Überschiebungsrund der moldauischen Gneismasse überall, wenn auch nur in Form von isolierten Schubfetzen und Ophiolithbrekzien, wieder ein und leiten so als deutlich „pennide“ Zone in die großen Ophiolithgebiete des Paring hinab. Ist es auf solche Weise nur ein bloßer Zufall, wenn wir im kristallinen Grundgebirge des Paring massenhaft Amphibolite, Biotitschiefer und alte Marmore mit Silikaten vom Typus der Valpelline-Fedozgesteine der Alpen antreffen, vergesellschaftet mit Eruptivgesteinen, die in jeder Hinsicht an die Monzonit-Arkesinsippe der Sella- oder der Dentblanchedecke erinnern, und ist es nicht auffallend, daß manche der bisher für Karbon gehaltenen metamorphen Sedimente des Paring von gewissen Bündnerschiefergesteinen der Skopiegegend ununterscheidbar sind und auch von jeher mit solchen verglichen wurden? Es scheint mir daher, wenn wir alle bekannten Tatsachen im Zusammenhang betrachten, das Natürlichste, in diesen tiefsten Elementen der Karpathen Äquivalente der penninischen Zonen der Alpen zu sehen, die, zwar enorm verkümmert und teilweise auch in stark veränderter Fazies, überall die Unterlage der grisoniden Hauptelemente der Karpathen zwischen Preßburg und Orsova bilden.

So ziehen die großen Haupteinheiten der östlichen Alpen durch die ganzen Karpathen. Die Austriden sind sowohl in der Tatra wie im Paring sichtbar weit über die penninische Vorzone hinweggeschoben, hingegen liegen die oberostalpinen Elemente der Alpen in den Karpathen, besonders im Südwesten, nicht mehr über, sondern nur hinter, d. h. neben den grisoniden Frontaleinheiten. Die Austriden der Karpathen bilden so einen einzigen wenig gespaltenen Block, der gegen innen auch ohne jede tiefere Trennung in die große pannonische Masse übergeht. Gegen außen schließt sich

die große Kreidezone von Sinaia an, die etwa der ultrahelvetischen Wienerwalddecke der östlichen Alpen entsprechen kann, die aber immerhin des öfteren auch sehr stark an nicht metamorphe Bündnerschiefergebiete des Westens, zum Teil auch an Unterengadinerkreide erinnert. Den Außenrand des Gebirges verschleiern die jungen Transgressionen, die von der Mittelkreide bis ins Quartär andauern, und deren junge Sedimente in einer Reihe von Schuppen und Teildecken gegen außen überschoben sind. Zwischen der großen karpathischen Zentralzone und den äußeren Kreidezügen der Subbeskiden, der Subkarpathen und der versenkten moldauischen Fortsetzung der Dobrudscha aber erscheint dieses karpathische Tertiärgebirge nur als ein mächtig zusammengestoßenes Molassebecken, als zugeschüttete und von der zentralen Karpathenfaltung noch überwältigte randliche Vortiefe, und die äußersten Karpathenzüge erinnern in ihrer Stellung und auch in ihrer Struktur weit eher an das Juragebirge als an den Alpenrand.

So scheint in den Karpathen die Zone der Alpen, der Molasse und des Jura in ähnlicher Weise wie in den französischen Alpen zu einem einzigen Gebirgsland zusammengeschoben. Alle diese Zonen werden quasi ungehindert gegen die offene russische Tafel vorgetrieben und stauen sich an deren Rändern zu einer einzigen Ketteneinheit. Das ist das in vielem so merkwürdige und mit seinem Bau so tief versenkte Gebirge der Karpathen.

Ein Wort wäre vielleicht auch über die **Stellung der Dobrudscha** noch hinzuzufügen. Die dortige alpine Trias verträgt sich auf den ersten Blick nur schlecht mit der Auffassung der Dobrudscha als einem Vorlandgebirge. Alpine Trias mit alpinen Faunen liegt hier ganz unzweifelhaft im Vorland der alpinen Geosynklinalketten, und jeder Versuch, diese „ostalpine“ Trias der Dobrudscha von den zentralen Gebirgen abzuleiten, stößt auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Die Widersprüche lösen sich aber, sobald wir das alpine Zentralorogen Mitteleuropas, d. h. das System der Alpen, Karpathen und Dinariden als ein Ganzes betrachten.

Was sehen wir dabei? Im Norden ein Vorland, südlich daran anschließend die alpinen Zonen. Zwei Geosynklinalgebiete erster Ordnung treten hervor, ein nördliches penninisches und ein südliches dinarisches. Das penninische verkümmert gegen Osten, das dinarische gegen Westen. Beide Gebiete sind u. a. durch die bezeichnende Kombination von Radiolariten mit mächtigen ophiolithischen Intrusionen charakterisiert. Dazwischen erscheint, ophiolithfrei, das Faziesgebiet der Norddinariden und der Austriden, eingeschaltet als ein starrer Block zwischen die beiden Geosynklinalen. Im Osten, d. h. im Quer-

schnitt Ungarns etwa, ist dieser Block fast ganz erhalten geblieben und hängt enge zusammen mit der pannonischen Masse; im Westen ist er an der alpinen Scharung von Karpathen und Dinariden zusammengeschoben und ineinandergestoßen worden zu den verschiedenen Einheiten der östlichen Alpen. Gegenüber den beiden Geosynklinalgebieten spielt dieser austride Block samt der pannonischen Masse in mechanisch-tektonischer Beziehung eine ähnliche Rolle wie das starre Vorland des Gesamtsystems, es ist eine starre Scholle mit ausgesprochen kontinentalem Unterbau und z. T. auch kontinentaler oder Schelfmeerfazies seiner Sedimente. Die Hallstätter Fazies der Alpen und der Karpathen sind somit gar keine echten Geosynklinalbildungen, sondern Ablagerungen eines Schelfmeeres auf kontinentalem Unterbau. Dasselbe aber hat auch für die Hallstätter Gesteine der Dobrudscha zu gelten, und damit verliert die alpine Trias der Dobrudscha ganz wesentlich an Merkwürdigkeit. Sie ist eben eine Schelfbildung wie die austride Trias auch. Und wenn im Querschnitt der Alpen die Trias des Vorlandes eine rein germanische, stark kontinentale Ausbildung zeigt, im Querschnitt der Ostkarpathen wir aber eine Vorlandtrias mit „alpinem“, rein pelagischem Charakter finden, so kann diese Divergenz ihren Grund haben in der Tatsache, daß die germanische Trias auf den herzynischen Hauptgebirgen Europas zur Ablagerung kam, die Trias der Dobrudscha hingegen im relativ nur wenig gestörten flachen Vorland derselben. Das Gebiet der germanischen Trias ist ein Fragment der europäischen Herzyniden, das Gebiet der Dobrudscha aber ein Stück der russischen Tafel. Daneben lag die Dobrudscha auch viel weiter von der Uferlinie des triadischen Meeres als der germanische Bezirk, so daß wir den Unterschied in der Fazies der Vorlandtrias, kontinentale und lagunäre Ablagerungen in Mitteleuropa, pelagische Bildungen mit reichen „alpinen“ Faunen in der Dobrudscha, heute sehr wohl verstehen können.

Nach diesen kurzen Hinweisen dürfte die Hallstätter Natur der Dobrudschatrias in den allgemeinen regionalen Rahmen eingefügt sein und können wir die alpinen Vorlandketten Osteuropas für einmal verlassen.

Betrachten wir nun noch kurz die Gliederung der alpinen **Rücklandketten** im östlichen Teil des europäischen Mediterrans. An der Scharung von Tunis-Sardinien verbinden sich die marokkiden Rücklandketten des nordafrikanischen Atlassystems mit den dinarischen Zügen des Tell und mögen südlich derselben, d. h. über Kalabrien, noch in den Apennin einziehen. Sie können aber ebensogut erlöschen. Möglicherweise stellt der Monte Gargano den Rest eines marokkiden Elementes

dar und erschiene dann Apulien als eine Art dorsales oder vielleicht sogar peripheres Zwischengebirge marokkanischer oder algerischer Art. Sicher liegt die ganze Adria in den allersüdlichsten Elementen der alpinen Zone, und es ist sehr wohl möglich, daß sogar die eigentliche Afrikanische Tafel in schmalem Zuge noch weit in die Adria hineinreicht. Sichere Rücklandelemente jedoch treffen wir in Griechenland und Kleinasien wieder. Da zweigt beispielsweise von den eigentlichen Dinariden über den Peloponnes eine eigene Kettenzone nach Kreta und Rhodos ab, die sich erst in Kleinasien wieder mit den dinarischen Hauptketten schart. Zwischen diese südlichste Kette von Kreta und die dinarischen Ketten Griechenlands schaltet sich im Kretischen Meer ein mächtiges Zwischengebirge marokkanischer Art. Der Bogen von Zypern stellt eine weitere Rücklandkette des Ostens dar, die sich durch das Amanosgebirge nördlich von Alexandrette und im Golf von Adalia mit den eigentlichen Taurus schart. Auch da schaltet ein steifes Zwischengebirge sich zwischen die Ketten ein. Im Süden endlich hat KRENKEL vor kurzem die vereinzelt Züge zwischen Libanon und der Kleinen Syrte zum Syrischen Bogen zusammengeschlossen, der mit seichten Rücklandfalten das östliche Mittelmeer umgibt.

So begleitet auch im östlichen Mittelmeergebiete, wie in Marokko, Algier und Tunis eine breite Zone eigener Rücklandketten den zentralen geosynklinalen Stamm der Dinariden, Helleniden und Tauriden.

Betrachten wir nun die Gebirge des Mittelmeeres einmal als Ganzes, so erkennen wir folgende **Gliederung des europäischen Orogens:**

Von Osten und von Westen zieht das große Stammorogen der zentralen Geosynklinalketten der alpinen Zone, bald eng gedrängt, bald durch mächtige zentrale Zwischengebirge getrennt, dem zentralen mittlereuropäischen Sektor zu. Das sind die Gebirge Kleinasiens, der Aegaeis und Bulgariens im Osten, die Ketten des Rif, des Tell und der Betischen Kordillere samt den Balearen im Westen. Hinter diesen Zentralketten treten in Marokko, in Algier und Tunis, auf Kreta und Zypern und in Syrien hohe Rücklandgebirge hervor, das Atlssystem im Westen, und die Ketten von Kreta und Zypern samt dem Libanon im Osten. Vor diesen Sektoren erscheint, im Westen wie im Osten, je eine mächtige Versteifung des europäischen Vorlandes. Im Westen der Ibero-korsardinische Block mit der iberischen Meseta und dem korsosardinischen Massiv, im Osten der Untergrund des Schwarzen Meeres und der Walachei, die walacho-pontische Masse. Jenseits dieser steifen Vorlandblöcke folgt, in einer gewissen sekundären Schwächezone des Vorlandes, je

ein mächtiges Vorlandgebirge; im Osten der Kaukasus mit der Krim, den nördlichen Zweigen des Balkan und den Fragmenten der Dobrudscha, im Westen die Kette der Pyrenäen und Asturen mit der Provence und dem Sevnenn-Jurazug. Im Osten und im Westen sind diese Vorlandgebirge von den alpinen Geosynklinalketten durch die steifen Schollen des Pontus und der iberischen Meseta über große Strecken weit getrennt. Mit Annäherung an Mitteleuropa aber verschwinden diese trennenden Massen mehr und mehr, und die beidseitigen Vorlandgebirge des Pyrenäen- und des Kaukasussystems scharen sich mit den alpinen Zentralketten. Ibero-Korsardinische Masse und Walacho-Pontischer Block erscheinen somit im Westen und im Osten des zentralen mitteleuropäischen Sektors als symmetrisch zueinander gelegene frontale Zwischengebirge.

Dieser mitteleuropäische Sektor aber zeigt eine gewaltige Hauptscharung der alpinen Ketten an. Zunächst verschwinden die frontalen Zwischengebirge des Pontus und der Walachei, und des Ibero-Korsardinischen Blockes, und scharen sich die Pyrenäen und der Zug des Kaukasus, in der Provence und in der Moldau, mit den Alpen. Dann keilen auch die zentralen Zwischenmassive zwischen Alpen und Dinariden, d. h. das tyrrhenische und das pannonische Zwischengebirge, mehr und mehr aus und treten schließlich sogar Alpen und Dinariden in enggeschlossenen Ketten zu einem hochkomplizierten Bauwerk zusammen. Das ist der **zentrale Zug der Alpen** mit seinem großartigen Deckenbau, der Orogenabschnitt zwischen der Toskana und der Steiermark. Und wo die beidseitigen frontalen Widerstände der Iberokorsardinischen Meseta, des Pontus und der Walachei gegen den zentralen Sektor Mitteleuropas hin schwinden, da drängt sofort die ganze mediterrane Kettenschar wie eine plastische Welle in scharfen Bogen weit nach Norden vor. Das ist der wichtige Zentralsektor des Apennin, der Alpen und der Karpathen.

Die orogene Zone des Mittelmeeres zerfällt somit in drei deutlich individualisierte Abschnitte: Den **west-**, den **mittel-** und den **osteuropäischen**.

Der westeuropäische Sektor umfaßt die nordafrikanischen und südspanischen Ketten mit dem algero-betischen Zwischenmassiv, dann die marokkanischen und iberischen Zwischengebirge samt dem Block Korsikas, Sardiniens und der Maures, die Vorlandketten der Pyrenäen-Asturen mit der Provence, und schließlich die Rücklandgebirge des Atlassystems.

Der osteuropäische Abschnitt beherbergt die kleinasiatischen und griechisch-bulgarischen Ketten mit den kleinasiatischen Zwischenmassiven, dann das große frontale Zwischengebirge des Pontus und der Walachei, die Vorlandgebirge des Kaukasus, der Krim, des Nordbalkans und der

Dobrukscha, und endlich die Rücklandketten von Kreta-Rhodos und Zypern samt dem Libanon.

Dazwischen breitet sich, weit gegen Norden vorgestoßen, der mitteleuropäische Sektor aus, mit dem Apennin, den Alpen, den Karpathen und den Dinariden der Balkanhalbinsel, und den zentralen Zwischengebirgen Ungarns und der Tyrrhenis. In diesem zentralen Sektor scharen sich die Vorlandgebirge des Westens und des Ostens, der Pyrenäen- und der Kaukasuszug, mit dem alpinen Zentralorogen, und die beiden frontalen Zwischengebirge der Ibero-Korsardinischen und der Pontisch-Walachischen Masse keilen zwischen diesen mächtigen Scharungen aus oder tauchen unter das gewaltig nach Norden vordringende Zentralorogen.

Das ist die grandiose **Symmetrie des europäischen Gesamtorogens**. Im Westen und im Osten mächtige Vorlandketten, durch ausgedehnte Zwischenmassive von den alpinen Zentralketten getrennt, in der Mitte ein gewaltiges Vordringen nach Norden, Scharung aller Elemente zu einem einzigen, dafür aber enorm verwickelt gebauten Gebirgszug, und Unterdrückung oder Überwältigung der Zwischengebirge. Der mitteleuropäische Orogensektor illustriert damit den **Nordstoß aller Massen** in konzentriertester Form, und in dieser Summation der Bewegung, des Zusammenschubes auf den kleinsten Raum liegt zugleich auch der tiefere Grund zum gewaltig gesteigerten Deckenbau der Alpen (s. Fig. 19, S. 50).

Diese drei Sektoren der orogenen Zone des Mittelmeeres nennen wir den **spanisch-afrikanischen**, den **alpinen** und den **russisch-kleinasiatischen**. Der alpine Zentralsektor zerfällt zudem in sein alpines Frontalstück und die ungarischen und italienischen Flanken. Die zentralen Geosynklinalketten biegen dabei im Westen um die sardische Ecke, im Osten um den Block der Walachei in die west- resp. osteuropäischen Abschnitte ein.

Was aber sind die **Ursachen** dieser merkwürdigen Dreiteilung der orogenen Zone des Mittelmeeres?

Sicher hat die schleifenförmige Anordnung der europäischen Geosynklinalketten ihren Grund in der Konfiguration des europäischen Vorlandes. Die geosynklinalen Ketten schmiegen sich dessen Umrissen in plastischen Wellen auf das innigste an, sie fließen in Lücken und Depressionen desselben direkt hinein. Seit langem kennen wir diese Anpassung der jungen Geosynklinalketten an das Vorland aus den Alpen und den Karpathen. Aber diese Anpassung zeigt sich auch im großen, im Gesamtverlauf der europäischen Geosynklinalketten zwischen Gibraltar und dem Pontus. Wir erkennen da klar etwa folgendes:

Im Westen und im Osten reicht der alteuropäische Kontinentalsockel, wenn auch an besonderen Schwächezonen seinerseits zu mächtigen

Vorlandgebirgen deformiert, weit nach Süden hinab. Im Westen bis nach Andalusien und Sardinien, im Osten bis zum Südrand des Pontus. In Mittel-Europa aber erkennen wir die südlichsten Elemente des europäischen Vorlandsockels schon am Nordrand der Alpen und der Karpathen. Wir erkennen also im Westen und im Osten zwei ausgeprägte südliche Vorsprünge des alteuropäischen Kontinentalsockels, gewissermaßen zwei mächtige Vorgebirge Europas. Zwischen diesen Vorgebirgen aber tritt in Mittel-Europa der europäische Sockel weit nach Norden zurück oder ist in der Tiefe unter den jungen Gebirgen begraben.

So gliedert sich die europäische Südfront deutlich in drei Abschnitte: Im Westen und im Osten erkennen wir je ein großes scharf gegen Süden ausladendes Vorgebirge, dazwischen aber eine weit in den Kontinent eingreifende Bucht. Das westliche Vorgebirge nennen wir nach seinem größten heute noch bekannten Fragment das spanische, das östliche, das in enger Verbindung mit dem Russischen Blocke steht, das russische. Zwischen spanischem und russischem Vorgebirge liegt so die große mitteleuropäische Bucht.

Es scheint, daß diese Anordnung des alpinen Vorlandes auf den Verlauf der herzynischen Ketten Europas zurückgeht, wir werden später auf diese Zusammenhänge zu sprechen kommen. Sicher aber ist, daß der Verlauf der alpinen Ketten Europas durch diese Konfiguration des europäischen Vorlandes direkt bedingt ist. Die alpinen Ketten drängen unter dem Drucke des von Süden anrückenden afrikanischen Blockes überall scharf gegen Norden vor. Die geosynklinalen Zentralketten fließen dabei deutlich in die große mitteleuropäische Bucht zwischen spanischem und russischem Vorgebirge hinein. Sie passen sich in komplizierten Schleifen deren Umrissen an und sie füllen in gewaltiger Nordflut diese ganze Bucht bis in ihre äußersten Ecken aus. Nicht umsonst finden sich die jüngsten und kräftigsten pliozänen Bewegungen in den alpinen Gebirgen Europas gerade an den äußersten Ecken der mitteleuropäischen Bucht, in Südfrankreich und in der Walachei. Die Lage der großen Vorlandgebirge im Westen und im Osten des mitteleuropäischen Sektors ist gleichfalls eine Folge dieser Konfiguration des Vorlandes. Der afrikanische Schub wirkte auf die exponierten, weit nach Süden vorragenden spanischen und russischen Vorgebirge Europas eben viel mächtiger und unmittelbarer als auf den dazwischen weit zurücktretenden, zwischen diesen Vorgebirgen quasi wohlbeschützten Raum Mitteleuropas. Und schließlich erkennen wir auch die großen Rücklandgebirge des Mittelmeeres nicht ohne tieferen Grund gerade besonders hinter den mächtigen Vorgebirgen Alteuropas, d. h. zwischen Marokko und Tunis hinter dem spanischen Vorgebirge, und östlich des Jonischen Meeres hinter dem russischen. Hinter dem Sektor Mitteleuropas hingegen, wo die alpine Bewegung frei und weit nach

Norden in die große mitteleuropäische Bucht ausweichen konnte, fehlte der große frontale Widerstand der europäischen Vorgebirge, und die afrikanischen Rücklandketten erlösen auf diese Weise zwischen Tunis und dem Peloponnes.

So geht die ganze Gliederung der orogenen Zone des Mittelmeeres deutlich auf die Konfiguration Alteuropas zurück. Der mitteleuropäische Sektor mit seinen gewaltigen Gebirgsschleifen liegt inmitten der mitteleuropäischen Bucht, zwischen russischem und spanischem Vorgebirge weit nach Norden greifend. Russisches und spanisches Vorgebirge halten im Westen und im Osten diese Ketten weit im Süden zurück und zwingen sie auf diese Weise zu den großen Beugungen um Sardinien und die Walachei. Russisches und spanisches Vorgebirge leisten dabei dem Ansturm Afrikas in erster Linie mächtigen Widerstand; sie werden dabei aber längs sekundären Schwächezonen hochgradig deformiert, und so entstehen gerade in diesen Sektoren die großen Vorlandketten des Pyrenäen- und des Kaukasussystems. Wo aber russisches und spanisches Vorgebirge Alteuropas gegen die mitteleuropäische Bucht zu Tiefe sinken, da drängt sofort die ganze große Kettenschar der Tethys in großen Bogen ungehindert weit nach Norden vor, sich bis ins Feinste den alten Umrisen der großen Bucht anpassend und dieselben quasi unterstreichend.

Auf diese Weise ist die Gliederung der orogenen Zone des Mittelmeeres tief begründet in der Konfiguration der Südfront Alteuropas. **Spanisches und russisches Vorgebirge und mitteleuropäische Bucht** sind so für die Gestaltung des alpinen Orogens im Raume des heutigen Mittelmeeres von grundlegender Bedeutung gewesen.

Mit der Türmung der alpinen Gebirge, d. h. mit der Schaffung des europäischen Orogens zwischen Armenien und dem Atlantik, ist aber das alpine Geschehen im europäischen Sektor noch keineswegs abgeschlossen oder erschöpft. Gewiß sind wir zwar am Nordrand der Pyrenäen, der Alpen und Karpathen, oder am Nordrand der Dobrudscha, der Krim oder des Kaukasus auch am Außenrand der eigentlichen, zu ausgesprochenen Ketten deformierten alpinen Zone angelangt, aber die alpinen Schübe machen, samt den jungen alpinen Bewegungen, an dieser Linie im Grunde genommen keineswegs Halt. Sie setzen sich als posthume, oft recht kräftige junge Deformationen des europäischen Grundsockels durch ganz Frankreich, England und Deutschland bis hinauf nach Schweden, Norwegen und Finnland fort, und sie stoßen auch am Südrand der russischen Tafel zwischen Kiew und dem Ust-Urt-Plateau die mesozoischen Sedimente des alten Donezgebirges zu einer an die 2000 km langen jungen Faltenschar zusammen. Die ganze uns heute vorliegende so unruhig scheinende Gliederung dieser sog. **ausseralpinen Landstriche** Europas — in Blockgebirge und

Horste, Bruchfelder und Faltungsfelder, Becken, Tafeln und Gräben — geht zurück auf die langsam im Vorland ausklingenden alpinen Bewegungen, und dieselben reichen somit von den Pyrenäen, den Alpen, dem Kaukasus noch bis hinauf nach England, Schottland und Skandinavien, oder hinüber an den Fuß des Ural; ja sogar der Ural selber zeigt nach neueren russischen Berichten noch recht starke alpine Phasen. Die saxonische Faltung Deutschlands und Polens, die jungen Falten im Pariser und Londoner Becken, die mächtigen Großfalten, die Zentralplateau und Vogesen-Schwarzwald mit der Böhmisches Masse, oder die Bretagne mit den Ardennen und dem Rheinischen Schiefergebirge und dem Harz verbinden, oder die Differenzierung der Britischen Inseln in den alten Keltischen Block der kaledonisch-herzynischen Gebirge und die junge englische Tafel, die junge Heraushebung des Skandinavischen Gesamtblockes, das Erscheinen der Podolischen Masse, des Asowschen Horstes und vieles andere mehr gehört hierher. Die alpinen Bewegungen haben neben der Ausgestaltung der eigentlichen alpinen Zone in abgeschwächtem Maße, gleichsam nebenher ganz Europa noch ergriffen und deformiert, und die ganze heutige tektonische Gliederung Europas geht auf diese alpinen Ausklänge, auf diese **alpinen Contrecoups** im starren kontinentalen Sockel Europas zurück.

Die Deutung der Deformationen des Vorlandes als alpine Contrecoups ruft auf den ersten Blick großen Schwierigkeiten in allen jenen Fällen, wo diese Vorlanddeformationen, wie etwa bei der saxonischen Faltung Deutschlands oder im Beispiel der Dobrudscha und der Krim, bedeutend älter sind als die alpinen Paroxysmen. Aber diese Deformationen des Vorlandes sind eben gar nicht Contrecoups der eigentlichen alpinen Zentralgebirge, gar nicht etwa nur Äußerungen der letzten alpinen Paroxysmen, sondern sie sind eben die Contrecoups der ganzen alpinen Bewegung, des ganzen Bewegungsmechanismus, und dieser alpine Mechanismus beginnt eben in der Trias und endigt erst im Quartär. In dieses Zeitintervall aber fallen die Contrecoups in den alpinen Vorländern ohne jede Ausnahme. Und wenn es dabei nun vorkommt, daß in diesem Zeitintervall einmal aus irgendeinem Grunde ein Streifen des Vorlandes leichter deformierbar erscheint und deshalb rascher durch Gebirgsbildung reagiert als die zentrale Geosynklinale, so ist dies bei der Komplexheit der Dinge kein Wunder. Es ist sogar sehr wohl verständlich, daß beispielsweise die Neubelebung alter, unter einer dünnen postherzynischen Sedimenthülle maskierter herzynischer Schubflächen und Brüche viel widerstandsloser vor sich geht als die gewaltsame Neudeformation der jungen Geosynklinale. Dort müssen listrische Flächen mit großem Kraftaufwand erst neu geschaffen werden, bis die Bewegung nur ins Fließen kommt, und die Umfaltung

der Geosynklinale absorbiert ganz enorme Kräfte, während im alten Kontinentalsockel solche Gleitflächen, längs welchen die einzelnen Schollen sich verschieben können, bereits vorhanden sind und daher jederzeit mit Leichtigkeit neu belebt werden können. Die Zusammensetzung einer Geosynklinale dürfte wohl weit größere Schubkräfte erfordern, als die einfache Wiederbelebung bereits vorhandener alter Flächen, und so scheint im Grunde das höhere Alter einzelner europäischer Vorlanddeformationen gegenüber den alpinen Hauptparoxysmen sehr wohl begreiflich. Im großen ganzen aber fallen die meisten dieser Vorlanddeformationen zeitlich doch mit den alpinen Paroxysmen recht gut zusammen, und so müssen denn diese alpinen Deformationen der Vorländer ohne jeden Zweifel als klare Äußerungen des alpinen Gesamtmechanismus, d. h. als wirkliche alpine Contre-coups im sonst starren Vorland angesehen werden.

Die alpinen Bewegungen haben auf diese Weise ganz Europa noch mit ergriffen und je nach Material und Untergrund weitgehend deformiert. Deswegen aber stehen sich die eigentliche orogene Zone des Mittelmeeres und der europäische Kontinentalblock doch als scharf getrennte Einheiten gegenüber; denn die orogene Zone bildet stets einen beidseits scharf abgegrenzten **Kettengürtel**, während die Bewegungen im äußeren Vorlandblock nur zu einem bunten Mosaik führen und deutlich ganz allmählich im flachen Kontinent ersterben.

Das **Vorland** der europäischen Geosynkinalgebirge zerfällt somit in zwei voneinander in ihrem tektonischen Verhalten grundverschiedene Teile. Eine relativ schmale, an gewissen Stellen aber immerhin bis 800 km breite innere Zone wird zu echten alpinen Gebirgen, vor allem zu ausgesprochenen Ketten deformiert und ist daher dem alpinen Gesamtrogen als breiter Randgürtel von Vorlandgebirgen direkt einverleibt. Dieser inneren Zone von Vorlandgebirgen und Vorlandketten steht das ganze äußere Vorland gegenüber, wo sich die alpinen Bewegungen infolge größerer Entfernung von der orogenen Zentralzone und dem schiebenden Rücklandblock, und auch infolge ungleich erhöhter Steifheit des Untergrundes nur mehr in schwachen Vorlandfalten, in flachen großradigen Verbiegungen des Untergrundes äußern. Wo stärkere Faltung oder gar Überschiebung junger Entstehung in diesem äußeren Vorland auftritt, da handelt es sich in den meisten Fällen um ein Wiederaufleben alter herzynischer Linien, die sehr oft die alpinen Richtungen kreuzen. Auf diese Weise entsteht im äußeren Vorland der alpinen Zone ein oft recht regelloser Knäuel von schwachen Vorlandfalten und alten Massiven, die sich zu keinen geschlossenen Ketten mehr ordnen und als ein buntes Mosaik der strenggeschlossenen inneren Vorlandzone der eigentlichen Vorland-

gebirge, die zum alpinen Orogen als breite Randzone und integrierender Bestandteil gehört, in fundamentalem und scharfem Gegensatz gegenübersteht.

Diese äußere Zone des Vorlandes wird vielleicht mit einigem Vorteil als der eigentliche Vorland**block** der inneren Zone der Vorland**gebirge** gegenübergestellt. Im Grunde genommen aber gibt es auch hier wie überall in der Natur vermittelnde Übergänge und tiefere Zusammenhänge, die sich nicht in das übliche vielfach zu einem Dogma gewordene Schema des universellen Gegensatzes zwischen Vorland und orogener Zone hineinpressen lassen. Der nach engeren Begriffen strebende und in der Unendlichkeit der Natur an starre Begriffe sich nur zu oft als vage Stützen klammernde menschliche Geist muß eben auch hier einsehen, daß starres Festhalten an wohlgemeinten Prinzipien nur allzu oft zu großen Schwierigkeiten führt; und gerade die großartige Beweglichkeit und ungeheure Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, die uns die orogenen Zonen der Erde offenbaren, sollte den Geologen im besonderen davor behüten, an einem an sich menschlichen Schematismus nur um des Grundsatzes willen starr festzuhalten, statt die von ihm geschaffenen Begriffe mit einer gewissen freien Elastizität des Geistes den natürlichen Tatsachen anzupassen.

Mit dieser allgemeinen Bemerkung schließen wir unsere Betrachtungen über den europäischen Sektor der alpinen Gebirge ab und wenden uns nun nach Osten, hinein nach Asien.

2. Die alpinen Gebirge Asiens

Wir folgen dabei den Darstellungen von SUESS, von MUSCHKETOW und LEUCHS, von MACHATSCHEK und OBRUTSCHEW, den Gedanken ARGANDS, KOBERS und BROUWERS sowie auch eigenen früheren Darlegungen. Dazu sei auf die beigegebene Erdkarte der Tafel I verwiesen.

Die eigentlichen Rücklandgebirge vom Typus des marokkanischen Atlas oder des Libanon treten hier mehr zurück, und die große Gliederung des asiatischen Orogens beschränkt sich fast überall auf die dinarischen, die alpiden und die großen Vorlandketten. Immer mächtiger aber schalten sich zwischen den einzelnen Gebirgszügen die steifen Massive der Zwischengebirge ein.

Betrachten wir diesen großartigen Bau nun einmal näher.

a) Der asiatische Westen bis zur Scharung im Pamir

Von Tiflis weg schon strahlen die kaum durch den Meskischen Horst miteinander verschweißten Ketten der alpiden Nordfront Armeniens und des Kaukasus wieder gegen Osten weit auseinander. Der

Kaukasus erreicht über Apscheron und Krasnowodsk den Großen Balchan jenseits der Kaspisee, die alpid Front hingegen weicht stellenweise direkt nach Süden zurück und umschlingt in den nordpersischen Gebirgsketten die Kaspisee im Süden. Am Demawend schwenken diese alpiden Ketten Nordpersiens in scharfer Beugung um die Kaspisee herum und stoßen endlich im Meridian von Aschabad erneut auf die Fortsetzung der Kaukasusketten. Die Alpidenfront schart sich dort mit der Vorlandkette des Kaukasuszuges im Kopet-Dagh.

Kaukasussystem und Alpidenfront umschließen also zwischen Tiflis und dem Kopet-Dagh ein mächtiges frontales Zwischengebirge von der Art der Pontischen Masse im Untergrund des Schwarzen Meeres. Dessen zentrale Teile bilden den Untergrund der südlichen Kaspisee; die westlichen Fragmente erscheinen an der großen Raffung der armenisch-kaukasischen Ketten westlich Tiflis im Meskischen Horst hoch emporgehoben. Der Meskische Horst ist daher das von der alpinen Bewegung an der großen armenischen Scharung noch miterfaßte, und deshalb stark eingeschnürte und kräftig höher gestaute zentrale Verbindungsstück zwischen den im Westen und im Osten die alpine Bewegung meisternden und zügelnden starren Massen des Pontus und der südlichen Kaspisee.

Jenseits Aschabad zieht, etwa vom Meridian der persisch-afghanischen Grenze an, nur die Alpidenfront der nordpersischen Ketten von Mesched durch das Paropamisusgebirge dem Südrand von West-Turkestan entlang zum Hindukusch, und die Vorlandkette des Kaukasus ist erloschen. Der Zug des Kaukasus verliert sich also hier genau so wie im Westen etwa in Rumänien, und die alpid Nordfront wird auf diese Weise, wie in den Alpen oder den Karpathen, zur nördlichen Hauptfront des Gesamtrogens.

Vom Ostende des Balkangebirges aber und von der Dobrudscha bis über Aschabad hinaus löst sich der Kaukasus als eigenes Kettensystem weit vom geosynklinalen Stamme ab und wird, auf gegen 2700 km Länge, zu einem durchaus selbständigen Vorlandgebirge weit vor der Alpidenfront. Seine Hauptentwicklung erlangt er dort, wo sich im Raume Diarbekr-Mosul-Tiflis etwa die alpin-dinarischen Ketten auf kaum zwei Drittel ihres in Kleinasien, etwa zwischen Cypern und Sinope eingenommenen Raumes zusammendrängen, und wo die beiden Zwischenmassive des Pontus und der südlichen Kaspisee zum meskischen Horst aufgepreßt erscheinen, d. h. vor der großen armenischen Scharung. Gegen die beiden mächtigen Weitungen des alpin-dinarischen Zentralsystems hingegen, die sich in den Meridianen von Kreta und Oman offenbaren, erlischt diese mächtige Vorlandkulisse des Kaukasussystems mehr und mehr, und ihre freien

Enden stoßen im Balkan, in den Südostkarpathen und südöstlich Aschabad als schwache äußere Kulissen auf die alpine Hauptfront.

Von Täbris nach Südosten treten die alpin-dinarischen Ketten gegen Osten und Südosten nun weit auseinander, sie umschmiegen in mächtigen Randketten das **iranische Hochland**. Dieses zentrale persische Zwischengebirge wird, ähnlich wie die marokkanische Meseta oder Spanien oder Klein-Asien, von einer Menge sekundärer Kettenzüge durchschwärmt, die den inneren Gebirgsbogen des Beludschistan angehören. Dieselben strahlen in freier Virgation weit in dieses iranische Zwischengebirge hinein. ARGAND hat dies anschaulich geschildert. Gegen Osten drängen dann die Ketten des Nordens und des Südens im östlichen Afghanistan, vor dem machtvollen Vorstoß Indo-Afrikas am Indus, wieder näher zusammen, und ziehen die südlichen Randbogen Persiens und Beludschistans in großartiger Geschlossenheit nach Norden hinauf zum Hindukusch und zur großen Scharung von Pamir. Diesen südlichen Elementen vorgelagert erscheint dort, wo das alpin-dinarische Orogen am breitesten ist, auf der arabischen Halbinsel das Gebirge von Oman mit dem Djebel Akdar, als ein Äquivalent der Rücklandketten des Atlssystemts. Dieses Gebirge zweigt am Eingang des persischen Golfes von den iranischen Randbogen ab, und seine östliche Fortsetzung ist wohl sicher in den Randketten von Haidarabad und Karatschi zu suchen. Der Golf von Oman umschließt auf diese Weise ebenfalls eine Art versunkener Meseta als ein steifes Zwischengebirge.

Wir erreichen das Dach der Welt, das **Hochland von Pamir**. Die gewaltigste Scharung der Erde liegt vor uns. Weit aus dem Süden und dem Norden ziehen die Ketten heran, von Australien und den Sunda-inseln herauf, von Kamtschatka und der Mandschurei, vom Ural herab. Im Meridian von Bombay und Omsk sind alle diese Ketten auf den denkbar engsten Raum von knapp 1000 km gehäuft. Der Zusammenstoß der Kontinente hat hier sein Maximum erreicht.

In mächtigem Keil stößt Indien von Süden nach Norden vor, wie im Sektor des Mittelmeeres Afrika; mit ebensolcher Wucht aber widersteht auch das zentrale Asien im Norden. Weiter im Westen verraten die großartigen dinarischen Randbogen am Golf von Oman, wie ARGAND dies nach SUESS wieder besonders hervorgehoben hat, ein freies Ausweichen des ganzen Orogens gegen Süden, in eine quere Depression des schiebenden Rücklandes, d. h. jene Senke zwischen Arabien und Vorderindien, die heute vom Arabischen Meere erfüllt ist. Vor dieser omanischen Depression des arabisch-indischen Rücklandes ist am Nordrand des alpinen Gesamtorogens, ähnlich wie vor jener Senke des östlichen Mittelmeeres zwischen Kleinasien und Tunis, jede selbständige, d. h. zu eigenen Ketten führende Vorlandfaltung unterblieben — an deren Stelle erscheint vielleicht das Rücklandgebirge von Oman —

vor dem mächtigen Vorstoß Gondwanas am oberen Indus aber stellen sich, mit der großen **Scharung von Pamir**, auch die großen Sondersysteme der alpinen Vorlandgebirge, und zwar in gewaltigen Ausmaßen, wieder ein.

Die Tatsachen sind dank der aufopfernden und nimmermüden Tätigkeit der russischen Geologen vor allem, der beiden MUSCHKETOWS im besonderen, sowie den glänzenden Arbeiten MACHATSCHEKS und LEUCHS, hinreichend bekannt. Der Vorstoß Indiens treibt alle die im Osten und im Westen weit voneinander getrennten Ketten des alpin-dinarischen Zentralorogens zu einer scharf nach Norden gestoßenen, enggehäuften, höchst verwickelt gebauten Bogenschar zusammen, und an deren Außenfront stellen sich die Vorlandäste des Tianschan-Alaisystemes ein. Die **Nordbewegung** des ganzen Gebirgssystems tritt so mit wunderbarer Klarheit hervor: **enge Häufung der geosynklinalen Ketten vor der Nordfront Indiens am Indus**, davor die **Aufstauung mächtiger Vorlandgebirge**. Wo jedoch im Osten und im Westen die aktive indische Front zurückweicht oder mehr zur Tiefe sinkt, da breiten sich die geosynklinalen Ketten wieder weit auseinander, und lassen den ausgedehntesten Hochländern zwischen ihren einzelnen Ästen Raum; und mit dieser Milderung des orogenetischen Druckes von Süden her verlieren schließlich auch die vor der Pamirschen Scharung so gewaltig aufgestauten Vorlandgebirge Zentralasiens an Intensität und sinken langsam im Streichen unter.

So erscheinen westlich der Scharung von Pamir die Hochländer Afghanistans und Persiens als schwach gewellte Zwischenmassive, so schalten sich im Osten die zentralen Zwischengebirge von Tibet zwischen den nordbewegten Alpiden- und den rückgefalteten, nach Süden schauenden Dinaridenstamm. So sinkt das Tianschansystem im Alaigebirge in gewaltigem Fächer auseinander und erstirbt im russischen Turkestan. So sinkt der Tianschan auch im Osten, wo im Meridian des Mount Everest das tibetanische Hochland seine größte Breite erreicht und die alpinen Ketten am weitesten auseinander liegen, in ersterbenden Kulissen zur Tiefe. Alle Ketten strahlen dabei sowohl östlich wie westlich der großen Scharung garbenförmig auseinander. Zwischen die Alpiden und den dinarischen Stamm des geosynklinalen Zentralorogens schalten sich die Hochländer von Persien und Tibet, zwischen die Alpidenfront und die Vorlandgebirge des Tianschan-Alaisystems die süd-östlichen Ausläufer der russischen Tafel und das Tarimbecken.

Im einzelnen sind die Zusammenhänge überaus verwickelt und in gar manchem noch keineswegs abgeklärt. In höchstem Maße lehrreich aber ist schon heute das **Westsegment des Tianschansystems**.

Die Zone der großen Scharung von Pamir streicht von der Saltrange am Indus über die Gegend des Kara-Kul gegen das Ende

des Balkasch hin. Westlich dieser Linie nun strahlt das ganze Gebirgssystem Zentralasiens in weitem Fächer und vielen einzelnen Garben auseinander.

Am Westende des Yssik-Kul wendet sich die Nordfront des Tianschansystems im Alatau gen Nordwesten, sie endet mit der Kette des Chantau westlich des Balkasch in der Hungersteppe. Die Nordkette des Yssik-Kul und das Alexandergebirge biegen im Karatau nach Nordwesten gegen Perowsk hinaus, die letzten Reste erscheinen im Ulutau östlich der Straße von Turgai. Doch wäre es immerhin möglich, daß Teile dieser Ketten unter den jungen Falten zwischen Irgis und dem Aralsee auch noch den östlichen Ural erreichen. Die südlicheren Elemente des Yssik-Kul strahlen um Taschkent nach Nordwesten und Südwesten auseinander, sie bilden dort zugleich auch den Nordrand des Beckens von Ferghana. Durch dasselbe wird nun die Gesamtheit dieser nördlichen Äste des Tianschan von den südlichen Hauptgebirgen desselben abgespalten. Ferghana schiebt sich wie ein Keil zwischen die im Osten enggescharten Ketten des eigentlichen Tianschan ein. Es trennt die nördlichen Gebirge um Taschkent vom System des Alai, das als die Fortsetzung der Tianschanschen Hauptketten im Süden von Ferghana nun seinerseits weit nach dem Westen zieht. Das ist die große **Virgation des Tianschanschen Zentralsystems**, dessen Zerteilung in die Einzelzüge des Alai, des Karatau und des Chantau.

Im großen ganzen ist dieses Tianschansystem gegen Süden hin bewegt. Die **Struktur des Alaigebirges** aber bringt den gewaltigen Nordstoß Indiens, der die ganze Scharung von Pamir regiert, in großartigster Weise zum Ausdruck. Der Vorstoß Indiens hat hier, in diesem ausgesprochenen Vorlandgebirge des Tianschansystems, vor den alpinen Zentralgebirgen Pamirs eine mächtige und durchgreifende Nordbewegung, sogar mit nordmarschierenden Decken, hervorgebracht. Hier ist die Türmung der Tianschanschen Vorlandketten ein sicherer Contrecoup der Indusfront Gondwanas, und diese schon im „Bau der Alpen“ verfochtene These ist nunmehr durch die unmittelbar darauffolgenden konkreten Mitteilungen MUSCHKETOWS in klarster Weise ganz ausgezeichnet bestätigt worden. Nicht nur sind eigentliche Deckschollen südlicherer Fazies bis hinaus in die unmittelbare Nähe des Beckens von Ferghana gefunden worden, sondern MUSCHKETOW hat auch in einer glänzenden Studie gezeigt, daß von Ferghana gegen Pamir hin mehr und mehr eine Umkrepelung der alten Strukturen von Süden her stattfindet. Die Überkipnungen nach Süden, wie sie nördlich Ferghana die Regel sind, machen südlich Osch über ein Zwischengebiet mit vorwiegend aufrechtem Bau immer stärkeren Überkipnungen nach **Norden** Platz. Der ganze Alai ist daher heute als ein Paket von an der Pamirfront nach **Norden** gestoßenen **alpinen Schuppen**

zu betrachten. Dieselben dokumentieren eine ganz gewaltige alpine **Nordbewegung des Alai**, die erst in den seichten Falten von Ferghana selber langsam ausklingt.

Das jüngste Gesamtprofil **MUSCHKETOWS** durch das Alaigebirge zwischen Andischan und Transalai ist daher für das wirkliche Verständnis der zentralasiatischen Mechanik von höchster Bedeutung, es gibt den ausgesprochenen Vermutungen über die alpinen Nordstöße im Tianschansystem zum erstenmal eine feste Richtung und reale Basis.

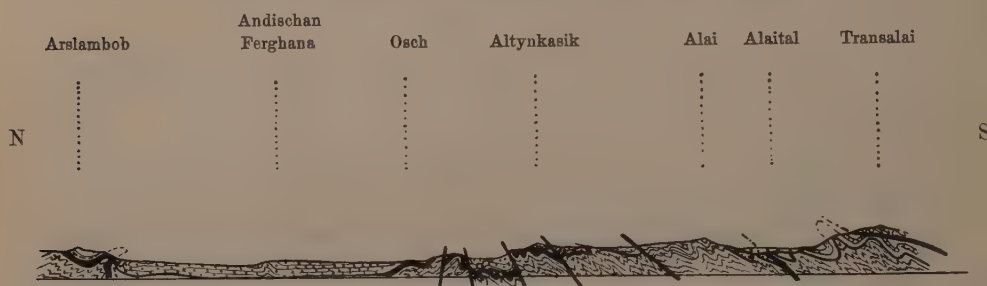


Fig. 20. Der alpine Nordstoß im Alaigebirge. (Aus D. MUSCHKETOW, *Idées modernes sur la tectonique en relation avec la géologie de l'Asie Centrale*, 1926.)

Das Alaigebirge erscheint südlich von Ferghana als eine Fortsetzung der südlichen Hauptäste des Tianschan. Westlich der großen Scharung des Pamir aber teilt sich dieses Gebirge von neuem. Die nördlichen Ketten ziehen über den Nuratau nach Nordwesten zum Aralsee und in den Ural, die südlichen strahlen nach Westen und Südwesten in Buchara auseinander. Sie ersterben im Angesicht des westwärts ziehenden Hindukusch in der bucharischen Steppe. Ein gewaltiges Zwischenmassiv schaltet sich dabei mehr und mehr zwischen die einzelnen Äste des Alaisystemes ein, das mit seiner Starrheit ein geschlossenes Weiterziehen der Einzelelemente dieser großartig kurzen **Alaivirgation** verhindert. Es ist der Südostsporn des mächtigen russischen Blockes, der sich da zwischen den Ketten des Kaukasus-Hindukusch und dem Ural bis zwischen die Äste des Alai hereinschiebt. Der Nordteil des Alai zieht zum Ural, der mittlere erstirbt auf dem russischen Block, der südliche mag angesichts der persisch-afghanischen Weitung der alpinen Zentralketten vorerst gleichfalls erlöschen. An seiner Stelle erscheint aber vor der großen armenischen Scharung, in analoger Position zum Hindukuschsystem wie der südliche Alai, der Kaukasus.

So schiebt sich der russische Block am Westende des Alai-gebirges als ein riesenhafter Keil zwischen die südlichsten Ketten des Tianschansystemes ein, er zerteilt dieselben als ein

ungeheures Zwischengebirge. Die südlichsten Äste ziehen längs der Front des alpinen Orogens nach Europa hinein, der lange mittlere Hauptast aber türmt im Ural die Scheide zwischen Europa und Asien. Die südlichsten Elemente des Tianschansystems streichen vom Kaukasus an der Nordfront des alpinen Zentralorogens durch die helvetische Randzone der Alpen noch weit nach Westen, und ihre letzten sichtbaren Spuren erkennen wir in den Pyrenäen und Asturen Spaniens am Golf von Biscaya; der große mittlere Hauptast des Tianschan hingegen erreicht im Timanzuge, auf Kanin und auf Novaja Semlja das Eismeer. Die gleichen Gebirge also, die im Sektor von Pamir auf den engsten Raum zusammengerafft sind — die Strecke Karakul—Nordrand Alexandergebirge mißt 400, die Strecke Karakul—Ferghana sogar nur 150 km —, werden in Europa durch Tausende von Kilometern voneinander getrennt. Schon die Strecke Harz—Kanin mißt 2500 km, und die Entfernung von Asturien zum Nordende des Ural sogar weit über 4500 km. Wir sehen daher hier an einem wahrhaft ergreifenden Beispiel, welch dominierende Rolle die steifen Massive der Erde bei der Verteilung der Leitlinien eines Gebirgssystems spielen können.

Der russische Block sprengt so als gewaltiger Keil die hohen Ketten Zentralasiens entzwei und teilt sie mit souveräner Gebärde in die Äste des Ural und die Gebirge Europas. Dadurch aber erlangt dieser russische Block auch eine gewaltige kulturelle Bedeutung. Denn diese steife kettenablenkende russische Masse bedingt auf diese Weise die ganze heutige Konfiguration Europas. Ihr verdanken wir die Stellung des Ural, das völkerscheidende Grenzgebirge gegen Asien, ihr die weiten Ebenen des europäischen Ostens, von der Kaspisee und dem Schwarzen Meer durch Rußland, Polen und Finnland bis hinüber an die Nordsee, und ihr wiederum schließlich die Häufung von Gebirgen im Süden, vom Kaukasus bis hinüber nach Frankreich, Spanien und Portugal.

Der russische Block teilt heute die jungen alpin deformierten Gebirge Zentralasiens entzwei, er scheidet damit die europäischen Hochgebirge vom Ural. Aber dabei handelt es sich nur um das erneute großartige Wiederaufleben einer weit älteren Strukturanlage auf längst vorgezeichneten und von älteren Bewegungen schon vielfach beschrifteten Wegen. Der russische Block teilt ja als uralte starre Masse vorkambrischen Alters schon die kaledonischen und herzynischen Gebirge in einzelne Äste. So zieht der Hauptstamm der Kaledoniden von den Britischen Inseln durch Skandinavien und Spitzbergen im Nordwesten des russischen Blockes vorbei, ein südlicher Nebenast hingegen erreicht im Süden desselben über die Ardennen und den Harz die Sudeten und die Lysa Gora. So teilen sich schon die herzynischen Ketten Zentralasiens in ganz ähnlicher Weise, wie heute die alpinen Vorlandketten, im Angesicht des russischen Blockes in die zwei großen Äste der Uraliden

und der europäischen Herzyniden, und die heutigen jungen Gebirge des alpinen Vorlandes folgen nur diesen alten herzynischen Anlagen als besonderen Schwächezonen im heterogenen Mosaik der alpinen Vorländer, innerhalb welchem eben in erster Linie die alten Dislokationslinien, die herzynischen Brüche und Überschiebungsflächen, durch die alpine Bewegung neu belebt wurden. So beobachten wir die mächtige kettenzerteilende Kraft des russischen Blockes in allen drei historisch genauer bekannten Epochen der irdischen Gebirgsbildung, von der kaledonischen über die herzynische bis zur alpinen, und erkennen damit an diesem großartigen Beispiele, **wie gewaltig und andauernd der Einfluß solcher alter versteifter Massen auf den Verlauf aller jüngeren Gebirge sein kann.**

Aber was wir hier an einem gut studierten Objekte auf dem festen Lande vor uns sehen, ja direkt greifen können, das wiederholt sich nun im Osten Asiens angesichts des Stillen Ozeans in noch gigantischerem Maßstab. Auch da treten, wie die Ketten des Tianschan vor dem russischen Block, die Ketten eines Orogens weit auseinander; da teilt sich das mediterrane Orogen in seiner Gesamtheit in zwei großartige Zweige, die vom Äquator weit nach Norden und nach Süden auseinanderstrahlen. Die mediterranen Ketten des alpinen Orogens weichen vor dem Pazifik auseinander wie das Tianschansystem vor dem russischen Block. Die nördlichen Zweige erreichen den Polarkreis an der Beringstraße, die südlichen ziehen über Neu-Seeland hinab gegen die Antarktis.

Wenden wir uns nun dieser grandiosen Zerteilung des mediterranen Gesamtsystems im Osten Asiens etwas näher zu.

b) Der asiatische Osten zwischen Pamir und dem Pazifik

Wir gehen aus von der Scharung der Ketten im Pamir. Wiegen Westen treten die enggerafften Ketten auch im Osten derselben weit auseinander. Der indische Block weicht vom Indus gegen Südosten zurück, und seine im Meridian von Pamir so sinngemäß hervortretende südliche Verstärkung, die im Malediven-Rücken über die Tschagosinseln bis hinab zu den Maskarenen in die Breiten von Madagaskar reicht, bricht im östlichen Indischen Ozean in die Tiefe. Die Ketten treten auseinander, und mächtige Zwischengebirge von spanischem, ungarischem und marokkanischem Typus schalten sich zwischen den einzelnen Ketten ein. Nur am Brahmaputra, im Gebiete von Assam, vermag der gegen Osten mehr und mehr absinkende oder abbrechende Block Vorderindiens wie droben am Indus, im Gebiete von Jhelam, noch einmal kräftiger nach Norden, gegen das zentrale Asien hin, vorzustößen, und sofort erkennen wir den Effekt dieses zweiten östlichen indischen

Angriffs in einer neuerlichen Scharung aller Elemente, in einer abermaligen letzten Raffung aller Ketten. Das ist die große Indische Scharung. Dann aber bricht der indo-afrikanische Block Gondwanas definitiv gen Osten in die Tiefe und fluten die alpinen Ketten Asiens neben dieser zurückweichenden und niedersinkenden starren Rückland-scholle in gewaltiger Virgation auseinander bis an den Stillen Ozean. Nur dort, wo an den Brüchen West-Australiens der Sockel Gondwanas wieder aus der Tiefe des Indischen Ozeans auftaucht, erkennen wir noch einmal für kurze Zeit eine gewisse Raffung der alpinen Ketten, aber zu einer Gesamtscharung des alpinen Systems kommt es am Stillen Ozean vor dem Block Australiens nicht mehr.

Betrachten wir diesen hochinteressanten östlichen Abschnitt der alpinen Gebirge Asiens nun etwas näher, und analysieren wir dabei zunächst einmal die orogene Zone im Westen der indischen Scharung, d. h. jenes Kettensegment, das unmittelbar östlich an die Scharung von Pamir anschließt. Das ist

Der Sektor Indiens

Durch die Scharung von Pamir setzt zunächst die Nordfront der **Alpiden** vom Hindukuschsystem in das des **Kuenlun** hinüber. Aber infolge der grandiosen Raffung der herzynischen Ketten am Ostende des russischen Blockes, dank welcher schon zu Ende des Paläozoikums die Züge des Ural und die des Kaukasus und Westeuropas in einem mächtigen Gebirgssystem zusammenstießen, wurde hier die im Westen ungehindert weit nordwärts sich ausbreitende Tethys durch die enorme Gebirgsmasse dieser Scharung viel mehr gegen Süden zurückgedrängt, und so sehen wir heute in Zentralasien das nördliche, infolge der geschlossenen Scharung der Invasion des Meeres weit länger trotzen postherzynische Festland mit seiner kontinentalen Fazies weit in die eigentliche sonst überall rein marine Alpidenzone hineingreifen. Es wiederholen sich hier ganz ähnliche Verhältnisse, wie wir sie auch im Sektor des westlichen Mittelmeeres beobachten können. Im allgemeinen ist die Tethys ein weites offenes ozeanisches Meer gewesen; an gewissen Stellen aber, wo zu Ende des Paläozoikums die herzynischen Ketten zu einem ganz besonders hohen und geschlossenen Gebirgslande zusammentraten — und dies ist eben der Fall bei enger Scharung der Ketten —, da ist diese Tethys auf einen weit engeren Raum zusammengeschürt und erscheint nur als ein schmales echtes Mittelmeer. Die an solchen Scharungen hochgestauten und enggedrängten herzynischen Hochgebirge leisten ganz naturgemäß der Invasion der mesozoischen Tethys einen weit höheren Widerstand als die in tiefen Axendepressionen quasi versunkenen und durch weite tiefliegende Zwischengebirge unterbrochenen

Ketten, und so erhält sich die kontinentale Fazies im Gebiete der alten Scharungen noch zu einer Zeit, wo deren unmittelbare streichende Nachbarschaft schon längst vom Meere zurückerobert worden ist. So sehen wir die alpine Fazies im Gebiete des Mittelmeeres gegen Westen dort verarmen, wo die europäischen Herzyniden im spanisch-marokkanischen Sektor auf engeren Raum zusammentraten als im offenen Segment Mitteleuropas. Auch große Einzelketten vermögen der Invasion des Meeres erhöhten Widerstand zu leisten und können sich zunächst als Inseln, und in der Folge als Untiefen in rein mariner Umgebung geltend machen. So erkennen wir eine Verarmung der helvetischen und wahrscheinlich auch der penninischen Faziesreihen am Ostende der Ostalpen, wo die Tethys auf die aus den Sudeten gen Süden herabziehenden herzynischen Hauptketten stieß. Was Wunder also, daß an der mächtigsten Scharung der herzynischen Ketten, am Ostende des russischen Blockes, die Fazies des alpinen Nordrandes verarmt? Die Tethys fand eben hier in Zentralasien an ihrem Nordrand eine gewaltige Barriere, die sie nicht mehr zu schleifen, geschweige denn zu überfluten vermochte, und die marine Entwicklung des Mesozoikums im Hindukusch weicht daher allmählich einer rein kontinentalen Sedimentserie im Kuenlun.

Die kontinentale Fazies der Ketten des Kuenlun aber hat dazu geführt, diese mächtigen, den chinesischen Gelehrten schon seit vier Jahrtausenden bekannten Gebirge vom alpinen Zentralorogen zu trennen und als reine Vorlandgebirge zu betrachten. Gewiß, das Vorland ist hier deformiert und nicht die Tethys. Aber die Ketten des Kuenlun sind deswegen doch die östliche Fortsetzung der großen Alpenfront; dieselbe läßt sich eben durch die rein oberflächliche, gen Süden zurücktretende Uferlinie der randlich ohnehin schon seichten Tethys nicht beirren, sondern sie folgt wie anderswo den großen inneren Widerständen im Vorland.

Im Westen der Scharung von Pamir waren diese frontalen Widerstände gegeben durch den russischen Block im allgemeinen, und durch die Massive im heutigen Pontus und der südlichen Kaspisee, oder die korsosardisch-iberische Masse im speziellen. Im Osten tritt nun an deren Stelle zunächst das große Zwischenmassiv Ostturkestans, das Zwischengebirge des **Tarimbeckens**, das uns durch die Gestalt der dasselbe umschlingenden Ketten mit aller Evidenz verraten wird. KOBER hat schon vor Jahren den Kuenlun als die Fortsetzung des Alpenstammes erkannt, ich schloß auf dasselbe, von der Gestalt der das Tarimbecken umgebenden Gebirge ausgehend, und ARGAND hat dieses Thema des die Ketten trennenden und stauenden Tarimbeckens mit aller Meisterschaft behandelt. Die Alpenfront folgt nicht dem nur durch sekundäre äußere Einflüsse — Höherragen der gescharten her-

zynischen Ketten in diesem Abschnitt — bedingten zurückweichenden Rande der Tethys, sondern die alpid Front richtet sich nach tieferen Ursachen, vor allem dem Verlauf der vorgelagerten inneren Widerstände im Vorlande. Das steife Massiv des Tarimbeckens ist dieser kettenleitende Widerstand gewesen. Vor seinem Südrand stauen sich die Gebirgsmassen, ganz gleichviel ob ihre alten Kerne vom Meere bedeckt oder abradiertes Festland waren. Die orogenetischen Kräfte fragten nicht nach diesen Äußerlichkeiten, sondern nach den inneren Widerständen. Der Effekt freilich wird im Detail ein anderer, ob kontinentales oder marines Gebiet von der Faltung erfaßt wird, der Stil der Tektonik vor allem wechselt, im Sinne größerer Steifheit, aber die Ketten bleiben dieselben.

Wir dürfen daher heute den mächtigen Zug des **Kuenlun** mit Sicherheit als den **Nordrand des alpinen Zentralorogens**, als die Fortsetzung der alpiden Front betrachten. Um den Südrand des Tarimbeckens zieht dieselbe nach dem Osten; über den Yarkendbogen, den Mittleren Altyn-tagh und das Przewalskigebirge erreicht sie den Südrand von Tsaidam, über das Semenowgebirge und den Oberlauf des Hoangho den **Tsinglinschan**. In der Gegend um Nanking erreichen dessen letzte Spuren mit Einlenken in die Ost-Nordost-Richtung das Meer. — —

Betrachten wir nun die inneren Ketten des alpinen Zentralorogens im Raume des indischen Sektors. Da dringt zwischen den beiden Vorsprüngen Gondwanas am Indus und am Brahmaputra, im Gebiet von Jhelam und Assam, der **Himalayabogen** als Fortsetzung der südlichen dinarischen, taurischen und iranischen Elemente in mächtigen Ketten gegen die Vortiefe des Ganges vor. Seine südlichsten Elemente erinnern mit ihrem steifen Splitterbau und ihrer kontinentalen Fazies stark an den marokkanischen Atlas. Die Gipfelpartien des Everest aber gehören bereits einer nächstinneren, marinen Zone an, die deckenförmig sich nach Süden über die äußeren Randschuppen legt. Das ist der Beginn der tibetanischen Zone, die als eine Fortsetzung der innerdinarischen Faziesgebiete angesehen werden kann. Nördlich davon folgt das zentral-alpine Gebiet im eigentlichen Tibet. Östlich des Brahmaputra ziehen diese inneren Elemente dann durch die burmanischen Ketten aus dem zentralen Tibet heraus, in gerader Richtung in der Flanke des indischen Blockes nach Süden hinab, die dinarischen Randzonen des Himalaya tief unter sich begrabend.

Zwischen Indus- und Brahmaputrageil treten innerhalb der alpiden Front des Kuenlun und der dinarischen Randbogen des Himalaya die tibetanischen Ketten samt den nördlichen und südlichen Randgebirgen weit auseinander, und wir erkennen im Hochland von Tibet ein gewisses Analogon zum ungarischen Zwischengebirge. Vor dem Keil von

Assam aber scharen sich die tibetanischen Ketten von neuem zu einem einzigen geschlossenen Gebirgsland; das ist die sog. **indische Scharung**. Dabei steigt vor der Front des alpinen Zentralorogens in diesem Sektor ein weiteres mächtiges Vorlandgebirg^e, der **Nanschan**, empor. Noch weiter im Norden schart sich im selben Meridian der östliche Ausläufer des Tianschansystems im Peschan mit dem Nordrand des Nanschan, und das Tarimbecken spitzt hier, wie an der Scharung von Pamir gegen Westen, gegen Osten in schmalem Keile aus. Und abermals im gleichen Meridian versuchen sich die nördlichsten Äste des Tianschan mit den äußeren Randgebirgen des Gobi-Altai zu vereinigen, mit der Tendenz, gleich dem Tarimbecken auch das Bassin der Dsungarei gegen Osten zu schließen. Eine grandiose Kette von Phänomenen liegt vor uns, die alle zurückgehen auf die gewaltige Raffung aller alpinen Elemente vor dem Keile von Assam.

Die Vorlandgebirge des **Tianschansystems** endlich treten im indischen Sektor von der Pamirschen Scharung längs dem Nordrand des Tarimbeckens immer weiter vom Alpidenstamm weg. Dabei scharen sie sich mit ihren nördlichen Außenästen vor der Hauptfront des Tarimbeckens im Boro-choro-Gebirge und dem östlichen Tianschan. Im Osten des Tarimbeckens nähern sie sich im Zuge des Peschan dem Nanschan, doch vermag hier der Nordstoß Assams diese Ketten nicht mehr stärker zu deformieren. Der Nanschan hat den großen Stoß von Süden mit seinen Ketten quasi aufgefangen und der Peschan bleibt ein ganz bescheidener Ausläufer des Tianschansystems.

Die Indische Scharung schließt den indischen Orogensektor gegen Osten hin ab, es ist die letzte große Raffung des mediterranen Gesamt-orogens. Jenseits derselben weicht alles auseinander, und es beginnt das komplizierte Segment Ostasiens. Die Indische Scharung grenzt den zentralasiatischen Sektor genau so gegen die Gebirge Ostasiens ab, wie die Scharung von Pamir denselben gegen den asiatischen Westen abschließt. Dringen wir nun hinein in diesen weitläufigen letzten Sektor der alpinen Gebirge Eurasiens.

Die Gebirge Ostasiens

Der große Grundzug des ostasiatischen Baues schält sich bereits auf jeder Karte Asiens in wundervoller Klarheit heraus. Da tritt im Süden der Indische Block, vielleicht an afrikanischen Brüchen zur Tiefe versenkt, gegen Süden zurück. Da erkennen wir im Norden, besonders auf der neuen tektonischen Karte Sibiriens von OBRUTSCHEW, das Zurückweichen des Sibirischen Blockes gegen Norden. Auf der

Linie Kalkutta—Irkutsk sind die asiatischen Gebirge noch auf etwa 25 Breitengrade zusammengerafft, auf der Linie Batavia—Ochotsk hingegen schwillt die gleiche Zone auf einen Raum von über 65 Breitengraden an. **Das große alpine Orogen strahlt auseinander**, und dazwischen schalten sich mächtige Zwischengebirge ein. Sehen wir näher zu.

Da teilen sich zunächst die **Vorlandketten** des alpinen Orogens, d. h. die Gebirge des Nanschan- und des Tianschansystems, am berühmten Horste von **Ordos**. Der südlichste Teil derselben folgt in schwachen Kulissen der Alpidenfront des Tsinglinschan, die nördlichen Haupttäste hingegen ziehen vom Nordfuß des Richthofengebirges am Ostrand von Alaschan nach Norden. Über die Ketten des Kara-Narin-Ula, des Scheiten-Ula, des Muni-Ula-Inschan und des Hsischan streicht auf solche Art das Vorlandgebirge des Tianschansystems in den **Großen Chingan** zwischen Gobi und der Mandschurei. Nördlich des Amur erreicht dieser Zweig das Ochotische Meer. Eine gewaltige Leitlinie des alpinen Orogens zieht damit in Ostasien plötzlich um 20 Breitengrade entschlossen nach Norden. Die Vorlandgebirge des Tianschansystems ziehen so nach Nordostasien hinauf.

Betrachten wir zunächst noch einen Augenblick den Norden dieses mächtigen Systems von unmittelbar der Alpidenfront vorgelagerten Vorlandgebirgen. Wie in Europa mit den Pyrenäen, oder in Rußland mit dem Kaukasus im Grunde genommen keineswegs ein ungestörtes alpines Außenland erreicht ist, so sehen wir auch dieses Außenland der großen Vorlandketten Asiens, die wir ganz bestimmt als Randzone des alpinen Gesamtorogens auffassen müssen — sie sind ja in ihrer westlichen Fortsetzung den Alpen direkt einverleibt — keineswegs unberührt von alpinen Bewegungen. Die glänzenden Arbeiten der russischen Geologen, OBRUTSCHEWS vor allem, haben mehr und mehr auch in diesem nördlichen Teile Asiens, an der Südfront des eigentlichen sibirischen Blockes, junge Störungen großen Ausmaßes nachgewiesen, die bis zu wahren Überschiebungen führen können, und ARGAND hat auf diese **junge Deformation Sibiriens** mit aller Eindringlichkeit hingewiesen.

So sehen wir nördlich der eigentlichen Tianschanfront den Dsungarischen Alatau, den Tarbagatai, die Ketten des Altai und des Changai, die Gebirge des Sajanski-, Jablonoi- und Stanovoi-Chrebet als die Umrahmung des altberühmten Amphitheaters von Irkutsk auftauchen. Deren Nordfront überschiebt am Baikalsee, bezeichnenderweise von Osten her, den heterogenen Block des Angarlandes. Und wie in Spanien oder im Tianschan das System der Vorlandketten weitgehend gegliedert ist durch Zwischenschaltungen steifer älterer Massive, so sehen wir auch diese nördlichsten Ketten alpiner Contrecoups in Sibirien nicht in geschlossenen Zügen von der Kirgisensteppe zum fernen Osten streichen, sondern schalten sich auch hier

starrere Partien in großen peripheren Zwischengebirgen ein, um die auch diese äußersten alpinen Elemente sich herumschlingen.

Die Scharung — oder den Versuch zu einer solchen — zwischen der Tianschanfront und dem **Altai** im Osten der Dsungarei haben wir schon erwähnt. Östlich davon ersterben die nördlichen Kulissen des Tianschan im Sande der westlichen Gobi, und nur die südlichste Kette des Tianschan, der Peschan, und die Hauptkette des Altai ziehen südlich und nördlich derselben nach Osten. Am Nordostrand von Alaschan scharen sich diese beiden Randketten der westlichen Gobi enger zusammen, und das Tianschansystem tritt vor dem Horst von Ordos in der Kara-Narin-Ula bis auf 100 km an die Ausläufer des Altai im Gurban-Saichan- und Churchugebirge heran. Ob diese Ketten östlich dieser Scharung am Horste von Ordos in ähnlicher Weise wieder auseinanderstrahlen wie vor dem Block von Alaschan, oder ob sie am Nordrand des Tianschansystems geschlossen gegen den Großen Chingan hinstreichen, ist vorderhand gleichgültig. Wichtig aber ist, daß sich die Randketten der Großen Gobi im Nordosten eng zusammenscharen, und daß dabei die Elemente des Tianschan im Großen Chingan am Amur in unmittelbaren Kontakt mit den **baikalischen Ketten** treten, die vom Sajan- über das Jablonoigebirge in den Stanovoi-Chrebet hinüberziehen. Im Westen scharen sich diese nördlichen Randketten der Gobi durch das Mittel des Changai mit dem Altai, und so erscheint auch die **Große Gobi** nur als ein weiteres peripheres Zwischengebirge im nördlichen Vorland des eigentlichen alpinen Orogens. Wie die hesperischen, katalanischen und pyrenäischen Gebirge das Becken des Ebro umschlingen, so umsäumen die Ausläufer des Altai- und des Tianschansystems mit dem Großen Chingan, den baikalischen Ketten und dem Changai die Niederungen der Großen Gobi. Die mächtige Scharung aller dieser im Westen weit auseinanderliegenden Vorlandketten am Amur aber zeigt uns in diesem Sektor eine gewaltige Einengung des Raumes zwischen dem Pazifik und dem Baikalsee, und diese **Scharung am Amur** steht wohl in engstem Zusammenhang mit den jungen westwärtsschauenden **Überschiebungen der baikalischen Ketten** auf den Angarablock. Auf jeden Fall aber erkennen wir ein allgemeines Vorstreichen der alpinen Vorlandgebirge gegen Nordosten hin.

Betrachten wir nun das eigentliche alpine **Zentralorogen** im Osten der indischen Scharung. Die Nordfront der Alpiden streicht über den Tsinglinschan nach Osten, sie erreicht nördlich Shanghai das Meer. Die südlichen Ketten ziehen über Burma, Malakka, die Andamanen und Nikobaren hinab nach Sumatra, und über Java, Flores und die östlichen Inselreihen des Malayischen Archipels in die Bandasee. Im zwischenliegenden Raume aber strahlen die Ketten des Zentralorogens in gewaltigem Fächer auseinander, und schieben sich zwischen die

ersterbenden und auseinanderweichenden Ketten abermals mächtige Zwischenmassive. So schaltet sich zwischen die Randketten von Burma und die Kordilleren von Annam die Masse von Kambodja, so fügt sich zwischen Tsinglinschan und die Bogen des Yünnan die Masse von Setschuan. Noch andere, uns heute noch unbekannte Massen mögen den genaueren Verlauf dieser gewaltigen Virgation Südostasiens regieren — wir kommen noch darauf zurück —, aber daß eine solche existiert, liegt außerhalb jedem Zweifel. Zwischen den Tsinglinschan und die Ketten von Hinterindien schiebt sich auf jeden Fall ein mächtiges Zwischenmassiv, das am Ostrand der indischen Scharung die alpinen Falten zerteilt und zum Teil erlöschen läßt. Wir nennen dieses Zwischenmassiv die Südchinesische Masse. Daß die Abnahme der Faltung in diesem Sektor daneben auch weitgehend vom Zurücktreten oder Niedersinken des schiebenden Blockes Indiens regiert wird, ist ja ganz selbstverständlich. Beide Faktoren: **Zurücktreten Indiens** und Einschaltung der **Südchinesischen Masse**, haben dieses enorme **Auseinandertreten des zentralen alpinen Stammrogens** bewirkt.

Studieren wir die Sachlage in Ostasien nun aber etwas näher. Zunächst betrachten wir dabei das so kompliziert erscheinende Gebiet der vom Malayischen Archipel ausgehenden **ostasiatischen Inselbogen**.

Ein lange unverständliches Inselreich liegt vor uns, und die Leitlinien der einzelnen Gebirgszüge ziehen, in lose Fragmente aufgelöst, auf den ersten Blick vollständig chaotisch durch den Raum. Aber schon EDUARD SUESS hat diesen in seinen Einzelheiten so eleganten Bau in seinem Geiste geordnet und uns mit sicherer Hand die großen Linien gezeichnet. ARGAND hat denselben nach seiner Weise, und wie WEGENER in Verbindung mit dem Abreißen der Inselbogen vom Kontinentalblock gedeutet, und die holländischen Geologen, VERBEEK, MOLENGRAAFF und vor allem BROUWER, haben den besonders verworrenen Süden in seine Einzelelemente aufgelöst.

Treten wir nun mit unseren bisherigen Erfahrungen aus dem mediterranen Orogen in diese Inselwelt ein. Nichts hat sich geändert, der ganze Stil bleibt derselbe, mächtige Massive bestimmen auch hier in hohem Maße den Verlauf, die Scharungen, die Virgationen der einzelnen Ketten. Nur sind diese Zwischenmassive hier nicht nur mit jungen Sedimenten bedeckt wie in Ungarn, in Kleinasien oder im Tarimbecken, sondern flutet über dieselben wie im Pontus oder in der Tyrrhenis das Meer. Aber genau so wie sich um jene Zwischengebirge des Westens geschlossene Ketten herumschmiegen und zwischen den einzelnen Leitmassiven hindurchwinden, so verbinden sich hier die einzelnen Inseln des Archipels um die ostasiatischen Binnenmeere

herum zu langen Reihen, die den Zusammenhang der im Meere begraben Ketten gewissermaßen in punktierten Kurven erkennen lassen und wie die Luftlinien eines Profils die verlorenen Einzelstücke verbinden. Dazu kommt gerade in diesen ostasiatischen Gewässern eine ausgezeichnete Gliederung des Meeresbodens. Ausgedehnte Schelfe stehen tieferen zentralen Becken gegenüber, und zwischen den Einzelementen der langgezogenen Inselreihen erkennen wir weithin durchziehende Kettenfragmente in der Form ausgeprägter untermeerischer Rücken. Mit denselben wechseln gerade hier mächtige Gräben, in denen die tiefsten Tiefen der Erde überhaupt gelotet worden sind. So wird denn ein Versuch, diese komplizierte Struktur der ostasiatischen Inselwelt in analoger Weise aufzulösen wie jene der eurasiatischen Ketten, zu einem wahren tektonischen Genuß.

Folgen wir zunächst im Süden den lehrreichen und nimmermüden Ausführungen BROUWERS. BROUWER hat in diesen weltfernen Eilanden des **Sunda-Archipels** eine Arbeit geleistet, um die wir ihn bewundern müssen.

Vorerst erscheint ganz klar, daß der ganze Sunda-Archipel samt den Philippinen bis hinauf nach Japan nur den mittleren und südlichen Teilen des alpinen Zentralorogens angehören kann. Denn der Nordteil desselben erreicht ja mit den eigentlichen Alpiden, als Ausläufer des Kuenlun-Tsinglinschansystems, erst nördlich von Shanghai das Meer. Wohl zieht auch ein südlicher Ast des Kuenlun, dem Oberlauf des Jang-tse-kiang folgend, hinab nach Süden bis in die Ketten von Yünnan; aber am großen Knie jenes mächtigen Flusses wenden sich diese südlichen Züge des Kuenlun erneut in scharfer Kurve gegen Nordosten und verschwinden unter jungen Sedimenten. Die Strukturkarte dieser Gegend, die DEPRAT 1912 entworfen hat, zeigt jedoch ganz deutlich, daß auch diese inneren alpinen Äste des Kuenlun das chinesische Meer südlich von Shanghai nicht erreichen können.

So gehört also der ganze Raum des Sunda-Archipels samt den Philippinen zu den südlichen Teilen des alpinen Zentralorogens. Wir werden jedoch sehen, daß auch vereinzelte Rücklandketten marokkanischer Art an diesem Bau teilnehmen. Betrachten wir denselben nun näher.

Am Ostrande des indischen Blockes ziehen, über die niedersinkenden äußeren Zonen des Himalaya hinwegstoßend, die **burmanischen Ketten** aus dem Hochlande von Tibet dem Süden zu. Die tibetanischen Ketten treten in mächtigem Bogen über das untersinkende Himalayasystem hinaus. Es sind daher schon recht zentrale Teile des alpinen Stammorogens, die im burmanischen Bogen nach Süden ziehen. Schon nördlich des Golfes von Martaban treten diese Ketten auseinander. Das westliche Bündel zieht über Kap Negrais nach Süd-

westen und Süden und erreicht über die lange Schwelle der Andamanen und Nikobaren in gegen West konvexem Bogen die Nordspitze von Sumatra. Die östlichen Ketten streichen in gewundenem Verlauf über Malakka hinab nach Singapore, wo sie an der Straße von Malakka von neuem mit den burmanischen Ketten Sumatras zusammentreten. Das Binnenmeer zwischen dem Golf von Martaban, den Nikobaren, Sumatra und Malakka, SUESS nannte es den Golf von Pegu, erscheint also als ein erstes Zwischenmassiv innerhalb der burmanischen Ketten.

Im mittleren **Sumatra** aber teilen sich die Gebirge von Neuem. Ein nördlicher Zweig zieht über Bangka und Biliton gegen Osten nach Borneo hinüber, die südlichen Hauptketten erreichen Java. Die Ketten

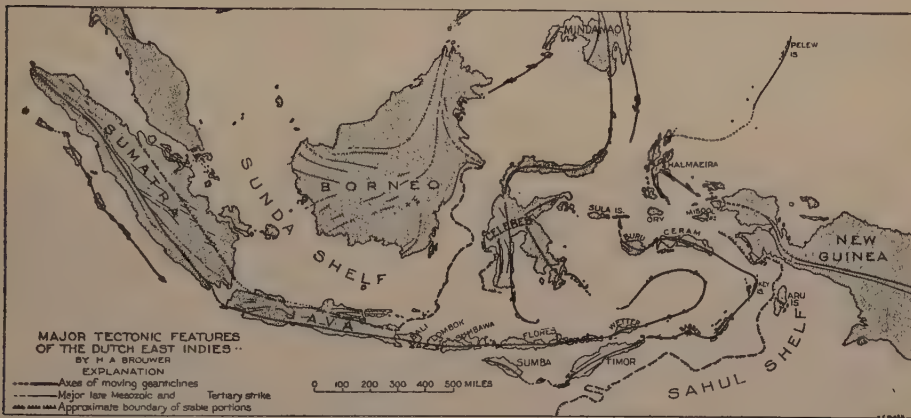


Fig. 21. Die Leitlinien Südostasiens nach H. A. BROUWER.
(Aus Major tectonic features of the Dutch East-Indies, 1922.)

Sumatras strahlen also sowohl nach Nordwesten gegen Nikobaren und Malakka, als auch nach Osten, gegen Java und Borneo, in weiter Virgation, auseinander. Wir stehen somit auf Sumatra vor einer kräftigen Kettenscharung, die durch den von TOBLER nach ausgezeichneten Studien seit langem erkannten Deckenbau Zentralsumatras prachtvoll unterstrichen wird. Als weitere Äußerung dieser Scharung erkennen wir im Südwesten der großen Gebirge Sumatras eine kräftige Rücklandkette, die Inselreihe Nias—Engano. Mit dem Auseinandertreten der sumatranischen Ketten in der Javasee verschwindet dann diese der Sumatrascharung vorgelagerte gondwanische Randkette wieder. Erst wo im Osten die malayische Hauptkette von Sumatra-Java dem Gondwanablock Australiens im Sahulschelf sich nähert, da stellt diese Vorkette sich wiederum ein in der mächtigen Kordillere, die von Sumba über Roti und Timor um die Bandasee herum nach Ceram zieht.

Im mittleren **Java** strahlt nun von der malayischen Hauptkette ein weiterer Ast nach Osten ab, der mit seinen Ausläufern über die Kanageaninseln zum Südarml von **Celebes** hinüber zielt. Parallel zu dieser auch durch die untermeerische Konfiguration wahrscheinlich gemachten Verbindung verläuft das Gebirge Südost-**Borneos**. Im westlichen Zentralcelebes zieht dieser nordjavanische Arm gegen NNW, wo er sich mit dem Nordostgebirge von Borneo zusammenschließen mag. Die Strukturkarte BROUWERS zeigt diesen Zusammenhang in ausgezeichnete Weise. In Nordborneo würde damit dieser nordjavanische Ast mit den Ketten zusammenstoßen, die Borneo direkt von Sumatra und Biliton her erreicht haben. Das heißt, die Ketten, die im mittleren Sumatra gegen Osten divergieren, scharen sich von neuem in Nordborneo, und wir stehen somit in der Javasee und Südostborneo vor einem weiteren Zwischengebirge im zentralen Stammorogen. Dasselbe liegt scheinbar direkt im Streichen des Binnenmeeres von Pegu.

Aber wie in Kleinasien oder in Iran oder auch in Europa Zwischengebirge sich zwischen den allerverschiedensten Ketten einstellen, ohne je einander im Streichen ganz genau zu entsprechen, so erkennen wir nun auch im Sunda-Archipel ein ganzes System von einander weiterhin begleitenden, nebeneinandergereihten Zwischenmassiven.

In Zentraljava teilt sich, wie eben besprochen, die malayische Hauptkette Sumatras zum zweiten Mal. Der nördliche Ast streicht direkt nach Celebes und Ostborneo, wie eben dargelegt, die große Hauptkette hingegen zieht durch die Kleinen Sunda-Inseln, über Bali, Sumbawa und Flores weiter bis in die Bandasee. Möglich, daß ein dritter Ast über die Paternoster- und die Postillons-Inseln auf Celebes zuzieht. Zwischen Flores, Sumba, Roti und Timor öffnet sich im Süden der malayischen Hauptkette in der Savusee ein weiteres kettenzerteilendes Zwischenmassiv, die reine Rücklandkette von Timor in aller Schärfe von der malayischen Zentralkette, der Fortsetzung der großen burmanischen Bogen, scheidend. Diese äußere Kette erreicht östlich des Bandagrabens in weitem Bogen Ceram und Buru, die malayische Hauptkette hingegen zieht dazu parallel im Westen des Bandagrabens in einer ausgeprägten engen Schleife durch die Banda-Inseln um die ganze Bandasee herum und mündet über die Tukang-Besi-Inseln und Buton in den Südostrarm von Celebes ein. Im zentralen Celebes schart sich diese malayische Hauptkette mit den in Nordjava abgesprengten Ästen, die durch den Südarml von Celebes heraufgezogen kommen.

Vier mächtige Zwischengebirge schalten sich so zwischen die jungen Ketten des Sunda-Archipels ein: das von Martaban, das der Javasee, das der Sunda-Flores-See und das der Timor-Savusee.

Aber damit ist die Reihe der Komplikationen im alpinen Stammorogen Südostasiens nicht geschlossen, denn diese Zwischenmassive des

Sunda-Archipels sind nur die kleinen peripheren Zwischengebirge im Raume der burmanischen Randketten. Viel größere steife Massen schieben sich nun im Norden zwischen die alpinen Gebirge Ostasiens ein.

Da erscheint zunächst am Mekong die mächtige **Masse von Kambodja** zwischen den gen Süden auseinanderstrahlenden Ausläufern der großen tibetanischen Zentralketten. Dieselben ziehen nur im Westen und im Osten, über Malakka und Annam, in geschlossenen Zügen dem Süden zu. Die Verbindung von Malakka mit Südwestborneo durch das Mittel der Scharung von Sumatra haben wir bereits erwähnt. Aber auch die Kette von Annam scheint auf Borneo hin zu tendieren, und von Sarawak her zieht umgekehrt ein langer mit den Natuna-Inseln gekrönter Rücken nach NNW in direkter Richtung auf das Ende der Kette von Annam. Die Verbindung dieser Ketten durch das seichte südsiamesische Meer kann kaum bezweifelt werden, und die Masse von Kambodja setzt auf diese Weise wohl durch den Golf von Siam und die Anambas-Inseln bis nach Westborneo fort, wo sie zwischen den von Malakka und Annam herüberziehenden Randketten in ähnlicher Weise in spitzem Keile endet wie oben am Mekong.

Aber die Gebirgszüge von Borneo und Celebes treten auch gegen Norden wieder auseinander. Die Ketten von Borneo eilen, kaum miteinander geschart, abermals in weitgetrennten Ästen durch die Palawan- und Sulu-Inseln den **Philippinen** zu. Dazwischen schiebt sich, vom Meere überflutet, das steife Massiv der Sulusee. Auf Luzon aber scharen sich die Ketten Borneos von neuem und bilden wie dort ein einziges Gebirge.

Der Westarm der Scharung von Celebes zieht durch die Sulu-Inseln in den Westteil von Mindanao. Die östlicheren Ketten von Celebes jedoch, die den malayischen Hauptstamm, die burmanischen Randbogen, fortsetzen, wenden sich von Zentralcelebes nach Nordosten und Osten um und erreichen die Philippinen über die Sangi- und Salibabu-Inseln. Wie die Scharung von Sumatra, so öffnet sich auch die von Celebes, durch die Gestalt der Insel deutlich ausgedrückt, nach beiden Seiten zu weiter Virgation. Die südliche öffnet sich zum Becken der Flores-Sundasee, die nördliche zu dem der Celebessee. Dabei erkennen wir noch eine kleine Komplikation, die für die weitere Deutung der alpinen Ketten Südostasiens von erhöhter Wichtigkeit wird: die große javanische Hauptkette, die im Süden die ganze Bandasee umzieht und Celebes über die Tukang-Besi-Inseln erreicht, verläßt Celebes direkt nach der großen Scharung im Zentrum der Insel in überaus brusker Kurve durch den Banggaai-Arm derselben. Das heißt, die große javanische Randkette zieht von Celebes südlich des Golfes von Gorontalo scharf nach Osten, unmittelbar nördlich der Sula-Inseln vorbei, und nur die inneren burmanischen Ketten streichen nördlich dieses Golfes über Minahassa direkt in die Sangi-Inseln und

die Südspitze von Mindanao hinauf. Die äußeren Züge erreichen zwar allerdings von Banggaai aus über Tifore, Maju und die Salibabu-Inseln die Philippinen gleichfalls, aber diese äußeren Züge, d. h. die javanischen Hauptketten, strahlen östlich von Celebes garbenartig auseinander, und nur ihr nördlichster Ast zieht in die Philippinen hinauf. Die südlicheren Elemente aber streben über Halmahera in die Marianen und über Groß-Obi zu den Ozeaniden, wir kommen später noch darauf zurück.

Vorderhand aber erkennen wir im Inselreich des südöstlichen Asiens ganz deutlich etwa folgenden weiteren Zusammenhang:

Auf Borneo scharen sich die Ketten von Annam und die von Nordjava. Auf Celebes fügen die beiden Hauptzweige des malayischen Stammgebirges sich wieder zusammen. In den Philippinen aber treten, nach abermaliger kräftiger Virgation um die Sulu- und die Celebes-See, alle diese, vom oberen Mekong an durch breite Zwischengebirge getrennten und gesonderten Ketten auf Luzon wieder zu einem einzigen Gebirge zusammen. Eine Ausnahme machen nur die östlich von Celebes zu den Marianen und Ozeaniden abgeirrten Randelemente der malayischen Kette. Sonst aber rafft die Scharung von Luzon die Elemente des südlichen Tibet, die in Hinterindien ungezügelt auseinanderfahren, erneut zu einem enggedrängten Gebirge. Über die Batan-Inseln erreichen diese tibetanischen Elemente der Philippinen Formosa, und ihre weitere Fortsetzung zieht durch die Riu-Kiu-Inseln hinauf nach Japan.

Damit sind wir aus den Komplikationen des Sunda-Archipels in die einfacher gebauten nördlichen Gebiete der ostasiatischen Inselbogen gelangt und erkennen schließlich folgendes:

Der burmanische Bogen, der aus den zentralen Teilen Tibets nach Süden hinunterzieht bis an die Front Australiens, gabelt sich östlich von Celebes in drei große und selbstständige Kettenzüge. Ein schwacher südlicher Nebenast der burmanischen Randketten zieht südlich von Halmahera in den Außenrand der Ozeaniden, der große Hauptast derselben strahlt über Halmahera in die Marianen aus; die eigentlichen zentralen Ketten des Bogens aber wenden sich von Celebes durch die Philippinen wiederum scharf nordwärts und erreichen Formosa und die japanischen Inseln.

Was sagt uns dies? Der Kuenlun entspricht der alpiden Nordfront, die Ketten des Himalaya setzen die südlichen Randbogen Irans, die Tauriden und die Dinariden fort. Der tibetanische Raum, aus dem der burmanische Bogen nach Süden zieht, entspricht somit ganz allgemein den zentralen Teilen des alpin-dinarischen Stammorogens. Es ergibt sich damit die fundamentale Tatsache, daß die zentralen Teile des alpinen Orogens von Tibet über Burma und die Sunda-

inseln hinauf in die **Marianen**, die **Philippinen** und schließlich nach **Japan** ziehen.

Zwei Fragen tauchen nun hier vor allem auf. Wäre es möglich, daß die alpine Nordfront, die noch im Tsinglinschan unentwegt nach Osten, gegen Shanghai hin, dem Meere zustrebt, irgendwo im östlichen Asien nochmals mit der gewissermaßen „abtrünnigen“ alpinen Zentralregion Tibets, Burmas, des malayischen und japanischen Archipels zusammentrifft? Und was geschieht mit den südlichsten Ketten des alpinen Gesamtorgens, den dinarischen Randgebirgen des Himalaya und den eigentlichen Rücklandfalten Gondwanas?

Die erste Frage beantworten uns die Studien unserer chinesischen, russischen und japanischen Kollegen. Die in den Ebenen Mittelchinas vorübergehend verloren gegangene Nordfront der Alpiden scharf sich tatsächlich mit den japanischen Ketten, einmal im Raume der Korea-Straße, ein anderes Mal am Südsaum des Ochotischen Meeres. Dort treten sogar die alpinen Vorlandgebirge des sibirischen Scheitels und des Tianschansystems mit der Alpidenfront und den japanischen Inselketten in einer mächtigen Scharung zusammen.

Betrachten wir die Verhältnisse näher, es lohnt sich wohl, dieselben hier einmal systematisch durchzubespochen, der Plan der alpinen Gebirge der Erde tritt dann viel deutlicher hervor.

Wir kehren zunächst zurück in den Süden. Da sehen wir im Hinterland von Hanoi die Ketten von Annam nach Südosten, die Ketten des Yünnan und Nord-Tonkin gegen Nordosten ziehen. Die ersteren erreichen auf dem Umweg über Borneo und die Philippinen Formosa und Japan, die letzteren scharen sich mit der Front des Tsinglinschan in der Gegend von Shanghai und Nanking. Zwischen diese beiden Elemente schiebt sich die mächtige **südchinesische Masse**, die auf dem Festlande von Shanghai bis Hanoi bekannt ist. Der Verlauf der Ketten zwischen Annam und den Philippinen setzt aber außer jeden Zweifel, daß dieses südchinesische Zwischenmassiv zumindest durch das Becken des Südchinesischen Meeres bis hinab nach Borneo, hinüber zu den Philippinen und hinauf bis Formosa reicht. Ja man kann sich angesichts der gewaltigen Deformation der javanischen Hauptkette in der Bandasee, und dem Charakter von Borneo und Westcelebes mit Fug und Recht fragen, ob nicht auch der ganze Raum von Borneo und Westcelebes mitsamt den sekundären Zwischenmassiven der Java-, Flores-, Celebes- und Sulu-See, vielleicht sogar die Masse von Kambodja, noch als peripherer Teil der großen südchinesischen Gesamtmasse zu taxieren sei. In der Tat zieht die große malayische Hauptkette von Sumatra über Java bis in die Bandasee sorgfältig um diese Masse herum, die großen Erdbeben meiden diese Zone, und die Virgationen von Borneo und Celebes erfassen im Grunde genommen nur sekundäre Äste des

großen burmanischen Gebirgsstammes. Es wäre daher wohl möglich, diese Virgationen von Borneo und Celebes als rein interne Deformationen des südchinesischen Randes aufzufassen, als deformierte randliche Fragmente der großen südchinesischen Masse, um die die burmanischen Randbogen als um eine geschlossene starrere Einheit in aller Deutlichkeit herumziehen.

Die Radiolarit-Ophiolithkombinationen von Borneo und Celebes scheinen allerdings einer Auffassung dieser Gebiete als peripheren Teilen der südchinesischen Masse zunächst zu widersprechen. Doch kann dieser südchinesische Rand sehr wohl von tiefen Geosynklinalen durchzogen sein, und gerade dadurch in die verschiedenen in Erscheinung tretenden Kompartimente zerfallen. Die Radiolarit-Ophiolithserien von Borneo und Celebes stehen dabei zur großen Randgeosynklinale von Sumatra—Java—Timor in einem ganz ähnlichen Verhältnis wie in Europa etwa die Geosynklinale der Dinariden zu derjenigen der Karpathen. Der Rand großer Kontinentalmassen zerfällt eben überall durch das Aufreißen von Geosynklinalen in eine ganze Reihe von Schollen, wir kommen später noch des näheren auf diese Erscheinungen zurück.

Auf jeden Fall aber schiebt sich eine mächtige südchinesische Masse auch im Raum des Südchinesischen Meeres zwischen die alpinen Ketten ein. Auf der Höhe der Philippinen ist diese Einheit von beträchtlicher Breite; sie entspricht dort etwa dem Raum zwischen Himalaya und Altyn-Tagh und übertrifft damit beispielsweise das Tarimbecken um beinahe das Doppelte. Auf der Höhe von Formosa, wo die abgesprengten Ketten der Sunda-Inseln sich dem Kontinente wieder nähern, ist diese Masse stark eingeschnürt. Gegen das ostchinesische Meer hin jedoch erweitert sie sich mit dem östlichen Vordringen der Riu-Kiubogen von Neuem.

Die sonderbare Einbuchtung der alpinen Ketten zwischen Japan und den Philippinen aber, wie sie uns das Zurückweichen der beidseitigen Inselbogen auf Formosa hin illustriert, wird regiert durch die Intervention einer weiteren starren Masse, die sich zwischen diese Ketten und die Bogen der Marianen einschiebt. Diese letzteren bilden eine äußerste Kulisse alpiner Ketten gegen den Pazifik zu. Im Norden und im Süden scharen sich diese freien Elemente der Marianen mit den malayisch-japanischen Hauptketten auf Hondo und in den Molukken; dazwischen aber erscheint in der Marianensee ein gewaltiges Zwischengebirge, das die alpinen Ketten im Westen und im Osten sorgfältig umfließen und gegen das sie in Japan und auf den Molukken in großartigen Virgationen auseinanderstrahlen. Dieses steife Zwischenmassiv der Marianensee ist es, das auf Luzon die Philippinenketten zu ihrer mächtigen Scharung zwingt, das weiterhin die alpinen Hauptketten zu ihrem Zurückweichen zwischen Japan und Luzon auf Formosa hin veranlaßt und das somit letzten Endes auf der Höhe von Formosa auch

die südchinesische Masse zusammenschnürt. Die Breite dieser „süd-japanischen“ Masse zwischen Formosa und den Marianen aber wetteifert direkt mit der Ausdehnung der südchinesischen Gesamtmasse zwischen Annam und Shanghai.

Wir schreiten nun nach **Norden** und betrachten das weitere Schicksal der alpinen Ketten.

Der Tsinglinschan ist in seinen Fragmenten bis Nanking verfolgbar. Seine wahre Front aber ist im Westen schon weiter nördlich verloren gegangen. Ziehen wir das allgemeine Streichen der ostasiatischen Randbogen in Betracht, so wäre eine Fortsetzung der Tsinglinschan-Zone etwa auf **Korea** zu suchen. Eine alpin dislozierte Zone ist dort, mit Überschiebungen gegen den Kontinent hin, tatsächlich vorhanden. SUESS schon hat junge Bewegungen auf Korea erkannt, und ARGAND hat, gestützt auf die neuen Karten der Japaner, eindringlich auf dieselben hingewiesen. Der ganze Südosten Koreas gehört bereits der alpiden Front an, dieselbe stößt hier von Südosten scharf gegen den Kontinent. So dürfen wir heute unbedingt, wenn auch im einzelnen noch vieles abzuklären ist, besonders auf chinesischem Gebiet, doch als eine feststehende Tatsache betrachten, daß die nördliche Außenfront der Alpiden, in kontinentaler Fazies allerdings wie überall in den asiatischen Gebirgen östlich der Scharung von Pamir, vom Tsinglinschan durch Kiang-Su und die Untiefen im südlichen Gelben Meer nach Korea hinüberstreicht. Der große Graben, der von Wön-san bis Söul und Ku-san-po die koreanische Halbinsel durchreißt, mag als die Westgrenze des alpiden Baues Koreas gelten.

Das nordchinesische Binnenmeer wird durch diese alpiden Kette gequert und zerfällt damit auch in tektonischer Hinsicht in zwei Teile, das Gelbe Meer im Norden, das Tung-hai-Meer im Süden. Das Tung-hai-Meer liegt zwischen der Alpidenfront und den japanischen Ketten, es ist ein östlicher Ausläufer der Südchinesischen Masse, das Gelbe Meer hingegen ist der alpiden Front gegen Nordwesten vorgelagert, es gehört zum großen mandschurischen Block.

Daneben aber sehen wir, daß die alpinen Zentralketten Tibets, die von der indischen Scharung weg weit nach Süden bis in die Bandasee hinabreichten, und dort von den nördlichen alpinen Ketten im Tsinglinschan auf 40 Breitengrade getrennt waren, an der Straße von Korea wieder an dieselben herantreten, und daß sich hier, zwischen Korea und Japan, die tibetanischen Zentralketten und die Front der Alpiden in gewaltigem Zusammenstrom von Süden und Westen her von neuem scharen. Was Wunder daher, wenn der Bau Koreas und Japans intensivste Störungen aufweist?

Die Scharung von Korea vereinigt so die in Südostasien so weit auseinandergelaufenen alpinen Ketten von neuem, und das diese Ketten

in Südwestchina sprengende Zwischengebirge, die Südchinesische Masse, findet hier ihr nördliches Ende.

Nun werden die Verhältnisse allmählich einfacher. Die alpinen Ketten **Japans** ziehen durch Hondo hinauf nach Jesso. Im Gebiet von Yokohama und Tokio scharen sich mit ihnen die Ketten der Marianen und der Bonin-Inseln. Auf Jesso strahlen diese alpinen Zentralketten abermals auseinander: der äußere Zweig erreicht durch die Kurilen Kamtschatka, der innere streicht über Sachalin dem Südrand des Ochotischen Meeres zu.

Die alpid Front Koreas erscheint auf **Sichota-Alin** zwischen Wladiwostok und Nikolajewsk wieder, das Gebirge stößt dort in flachen Überschiebungen gegen den mandschurischen Block. Zwischen dieser alpiden Front und den Japanischen Inseln öffnet sich nördlich der Koreastraße, bis hinauf nach Sachalin, das Becken des Japanischen Meeres, als ein neues „Nordjapanisches“ Zwischengebirge. Am Unterlauf des Amur wendet sich die alpid Front von Sichota-Alin zunächst für kurze Zeit nach Westen, dann zieht sie über die Insel Schantar mit Richtung auf Ochotsk ins Meer hinaus. In dieser Gegend stoßen die jungen Ketten der Alpidenfront auf die von Südwesten herbeiziehenden Vorlandgebirge des Tianschan- und des Altaisystems, und von Osten nähert sich gleichzeitig der westliche Ast der japanischen Ketten auf Sachalin. Von allen diesen Ketten zieht aber nur das Aldangebirge als alpine Vorlandkette der Westküste des Ochotischen Meeres entlang gegen Ochotsk hinauf. Alle diese Zusammenhänge gehen klar aus der tektonischen Karte Sibiriens hervor, die OBRUTSCHEW vor kurzem erst entworfen hat.

Wir stehen somit in der Südwestumrahmung des Ochotischen Meeres vor einer der mächtigsten Scharungen des alpinen Gesamtsystems. Von hier strahlen die Ketten nach Süden und Südwesten auseinander in großartigster Virgation. **Nirgends** mehr auf der ganzen Erde treffen **alle** an dieser **ochotischen Scharung** vereinten Gebirge zusammen und die Randäste dieser Virgation strahlen von hier aus definitiv auseinander. Die östlichen Ketten erreichen über Japan, die Philippinen, die Sunda-Inseln, Burma und Tibet die alpinen Zentralgebirge des Westens, sie enden in Europa an der Straße von Gibraltar, die westlichen ziehen durch Sibirien in die Kirgisensteppe und hinauf ins nördliche Eismeer. **So scharen sich die Ketten Sibiriens, des Altai und des Sajan, am Ochotischen Meere mit den Ketten Europas.**

Die inneren Zweige dieser Ochotischen Scharung — wir könnten sie auch die „Scharung am Amur“ nennen — treffen sich allerdings in ihrem Verlauf gegen Südwesten noch zu verschiedenen Malen. Bis auch sie westlich des Pamir vor dem kirgisischen Massiv und der russischen Tafel sich definitiv voneinander trennen.

So zieht die Alpidenfront östlich des mandschurischen Beckens über Sichota-Alin und Korea zum Tsinglinschan, während die Ketten des Tianschansystems das mandschurische Becken im Westen umfließen und über den Großen Chingan dem Süden zustreben. Am Nordfuß des Nanschan aber stoßen Alpidenfront und Tianschansystem von neuem aufeinander. Im Tarimbecken trennen sich dann diese Züge zum zweitenmal, aber an der Scharung von Pamir sind sie abermals vereint. Westlich von Pamir strahlen dann allerdings die nördlichen Zweige des Tianschan definitiv von der alpiden Front weg gegen das nördliche Eismeer hinauf, aber die südlichen Elemente des Tianschansystems begleiten, von Zeit zu Zeit immer wieder mit der Alpidenfront vereinigt, das alpine Orogen bis hinüber an den Atlantischen Ozean.

Kehren wir zurück nach dem Osten. Da umschließen die Ketten des Tianschansystems und der Alpidenfront im östlichen Asien, in der Mandschurei, ein ähnliches steifes Zwischenmassiv wie im Tarimbecken, nur ist dasselbe viel gewaltiger. Zwischen dem Großen Chingan und Wladiwostok erreicht dasselbe an die 900 km Breite, und von dem Austritt des Hoangho aus der Nanschanfront bis zur russisch-mandschurischen Grenze messen wir an die 2500 km. Das ist die große **Sinische Masse**. Sie steht als frontales Zwischenmassiv zwischen Vorlandgebirgen und Alpidenfront, wie im Westen das Tarimbecken oder die Pontische Masse. Ihr Gegenstück ist das intra-alpine Zwischenmassiv der **Südchinesischen Masse**, das im Süden jenseits des Tsinglinschan einsetzt. Diese beiden alten Massen sind es, die in Ostasien weithin den Verlauf der Ketten und damit die Konfiguration der Kontinentalränder bestimmt haben.

Beide Massive, das sinische und das südchinesische sind keineswegs einheitlich. Durch sekundäre Gebirgszüge zerfallen sie in mehrere Blöcke mit erhöhter Steifheit. So zerfällt die Sinische Masse in den Block von Ordos im Südwesten, den mandschurischen Block im Nordosten. So scheiden sich innerhalb der Südchinesischen Scholle die Massen von Setschuan, von Hongkong und Canton, von Kambodja, und die Blöcke der Java-, Flores-, Celebes- und Sulu-See. Die alpinen Ketten des Westens verfangen sich sozusagen in diesen alten Massiven. Die Randketten umschlingen sie in weiten Kurven, weichen diesen starren Massen gewissermaßen aus, die zentralen Gebirge aber winden sich zwischen ihnen durch oder kommen auf ihnen zum Erlöschen.

So macht sich durch ganz Ostasien der Einfluß einer gewaltigen, nur an sekundären Schwächezonen zu Gebirgen deformierten Kontinentalmasse bemerkbar, die in Form mächtigster weitgehend zusammenhängender Zwischengebirge dem alpinen Orogen eingeschaltet erscheint. Im Gegensatz zum eurasiatischen Westen, wo die

alpinen Zwischenmassive fast immer mehr oder minder isolierte Fragmente in den jungen Gebirgen bilden, schließen sich hier im östlichen Asien diese alpinen Zwischengebirge mehr und mehr zu einer fast einheitlichen Kontinentalmasse zusammen, die im Grunde genommen von Sibirien durch die Mandschurei und Ostchina bis hinab nach Borneo, Celebes und in die Sundasee reicht, und die damit von Sibirien bis über den Äquator hinaus weit nach Süden vorstößt. Darin liegt ein ganz gewaltiger Gegensatz zum westlichen Eurasien, wo die nördlichen Kontinentalmassen viel weiter im Norden zurückbleiben und nirgends auch nur einigermaßen nach Süden vordringen.

Daneben sehen wir, wie in Ostasien gegenüber der ausschließlichen Nordbewegung im eurasiatischen Westen ein starker **Zug nach Süden** mehr und mehr sich geltend macht. Der burmanische Bogen zwischen Tibet und Japan zeigt dies in einem Ausmaße, wie wir es für die Nordbewegung des Westens überhaupt nirgends erkennen können. Daneben sind auch die Ketten des Yünnan, im Norden der Tsinglinschan, in der Fortsetzung der gleichen Zonen, die im Westen Eurasiens deutlich nach Norden geschoben erscheinen, nach Süden bewegt.

Diese ausgesprochene Südbewegung am Ostende Asiens aber erkennen wir dort, wo am Golf von Bengalen der Block Indiens abbricht oder zur Tiefe sinkt, wo im Norden die sibirische Masse im Amphitheater von Irkutsk weit nach Süden vordringt und wo schließlich im alpinen Orogen selber die großen Schollen der sinischen und südchinesischen Massen sich einschalten, die eine gewaltige Verstärkung des asiatischen Kontinentalbaues gegenüber dem zur Tiefe sinkenden indoafrikanisch-australischen bedeuten. Nicht von ungefähr liegen das Amphitheater von Irkutsk, die südwärts gerichteten Bogen des Yünnan und die Beugung der Ketten auf Borneo in beiläufig demselben Meridian.

Was wir daher hier vorderhand festhalten wollen, ist die Tatsache, daß die primäre Nordbewegung des alpinen Orogens, die wir beobachten können vom Atlantik bis hinüber zur Front von Assam und zum Nanschan, im Osten Asiens einer ebenso deutlichen **Südbewegung** Platz macht. Diese Bewegung zielt hinab gegen den Äquator, und zwar in jenen Raum, in welchem zwischen Vorderindien, dem Malediven-Maskarenenrücken und Australien der südliche Kontinentalblock Gondwanas zur Tiefe gesunken oder gesprengt worden ist.

Aber diese geschlossene Bewegung gegen Süden wird nun im Bereich Ostasiens von zwei gewaltigen Massen scharf seitlich eingedämmt, von der indischen Tafel im Westen, vom Untergrund des Stillen Ozeans

im Osten. Zwischen diesen beiden Massen fluten die Faltenwellen weit nach Süden hinab vor, in der Mitte in freien Bogen, an den Enden kräftig zurückgehalten und gebremst von den seitlichen Blöcken. Wie im Westen die Karpathen zwischen Böhmischer Masse und walachischem Horst weit über die Russische Tafel hinaustreten, so dringt hier die Gesamtheit der ostasiatischen Elemente zwischen dem Indischen Block und dem Pazifik gegen das niedergesunkene Gondwanaland vor. Die äußeren Ketten stärker, in einem Bogen, dessen Radius an die 2700 km umfaßt, die inneren etwas schwächer. Die in den Randketten großartig zum Ausdruck kommende Bogenform — man betrachte die mächtige Kulisse der Burmanischen Ketten zwischen Assam, Java, den Marianen und Japan — wird eben im Innern schwer beeinträchtigt und modifiziert durch das Dazwischentreten der gewaltigen Zwischengebirge der Sinischen und der Südchinesischen Masse. Es bleibt aber deutlich, daß das Amphitheater von Irkutsk nur den innersten Wall dieser ganzen mächtigen Sunda-Bogenschar bildet. Hält man sich ferner vor Augen, daß die Insel Luzon beinahe im Mittelpunkt eines Dreiviertelkreises liegt, der von Tokio durch die Marianen und Molukken hinab nach Java und hinauf nach Assam zieht, so gewinnt man erst einen Maßstab für die ungeheure Größe dieser gen Süden schauenden ostasiatischen Bogen. Bei diesen Dimensionen und dieser Klarheit des Baues erscheint es als ein eitles Bemühen, beispielsweise diesen riesigen Kettenbogen Südasiens auf Rückfaltungen des alpinen Orogens über Gondwana zurückzuführen und denselben nur durch eine Unterschiebung Gondwanas zu erklären. Diese Annahme trifft in zunehmendem Maße zu für die Ketten, die von Indien nach Europa und Nordafrika hineinziehen, aber dieser mächtige südostasiatische Bogen der Sundainseln zwischen Assam und Japan muß unbedingt als eine ganz grandiose normale **Vorfaltung des östlichen Asiens gegen Süden** angesprochen und gedeutet werden.

Damit gelangen wir zu einer ausgezeichneten Lösung des asiatischen Baues. Wir erkennen tatsächlich jene **Drehung Eurasiens**, von der eingangs und im „Bau der Alpen“ die Rede war. SUESS hat seinerzeit in seinem umfassenden Geiste die Synthese Asiens darin gesehen, daß von Sibirien als dem alten Scheitel Asiens im Laufe der geologischen Epochen eine mächtige Faltenschar nach der anderen gen Süden emporwuchs. Nach ihm ging alle asiatische Bewegung, und zwar bis weit nach Europa hinein, primär überall nach Süden. Im Westen erkannte zwar schon SUESS das Vorherrschen der Nordbewegung in Europa, aber er faßte diese Nordbewegung der europäischen Ketten als eine Rückfaltung gegen Eurasien auf. Nach SUESS kam alle primäre Bewegung in Eurasien von Norden. Später verfiel man in das Gegenteil. Der ganze Bau des westlichen Asiens, bis hinab in den indischen

Sektor, fügte sich ausgezeichnet den Erfahrungen in Europa, und der Spieß wurde umgedreht, d. h. die Nordfaltung in Eurasien als die primäre Vorfaltung, die Südfaltung als sekundäre Rückfaltung erklärt. Noch in Indien ist ja der Nordstoß Indoafrasikas so gewaltig, daß es unbegreiflich scheinen mag, daß derselbe schon im Meridian von Java erloschen sein soll. Daneben sah man schließlich östlich dieses rückgefalteten Sektors den Block Gondwanas in Australien erneut nach Norden dringen. So habe auch ich im „Bau der Alpen“ die Vorfaltung der Sundainseln gegen Süden als eine Rückfaltung über Gondwana angesehen, die nur vorübergehender Natur sein sollte. Die Wirklichkeit aber zeigt, daß wir in Eurasien, wie auch in den letzten Abschnitten des „Baus der Alpen“ schon vermutet werden mußte, ein gewisses Nebeneinander von zwei primären Schubrichtungen, eine Kombination von zwei großen, einander entgegengesetzten Kräftegruppen vor uns haben. Im Raume zwischen Atlantik und Kaspisee haben wir eine reine Nordbewegung der Massen, ein ausgesprochenes Vorrücken des afrikanischen Rücklandes gegen Norden, und die südlichen Ketten des alpinen Orogens sind, wenn auch lange nicht immer, gegenüber den nördlichen Gebirgen rückgefaltet. In Ostasien hingegen herrscht die Südbewegung vor, Sibirien dringt gegen Süden vor, und der Nordrand am Baikalsee zeigt die Rückfaltung. **Afrika und Sibirien schieben sich somit in verschiedenen Sektoren quasi aneinander vorbei**, das eine rückt nach Norden, das andere nach Süden. Im mittleren Sektor aber, zwischen Assam und Indus, kommt es zu dem gewaltigen Zusammenprall, den uns die hohen Ketten Zentralasiens illustrieren. Dabei bleibt Indoafraka noch der Sieger, da es gewissermaßen etwas in die Flanke der sibirischen Masse gerät. So vermag es auch im Tianschan die westlichen Äste des nach Süden gerichteten Bogensystems Ostasiens noch nach Norden umzukrempeln und am Nordrand des Kuenlun den Nanschan aufzutürmen.

Der Bau Asiens erscheint also mehr und mehr als das Resultat gegenseitigen Vorrückens einer nördlichen und einer südlichen Kontinentalmasse. Die südliche übernimmt die Führung im Westen, die nördliche im Osten. Dadurch wird der ganze Kontinentalblock **gedreht** und treffen wir die größte Komplikation dort, wo die beiden Blöcke einander sich am meisten nähern, d. h. im indischen Sektor. Während aber der südliche Kontinent bei seinem Vormarsch im Westen Europas keinen seitlichen Widerstand gefunden hat, und die durch sein Vorrücken erzeugten Ketten dort daher direkt und geradenwegs in den Atlantik hineinstreichen, war das Vorrücken Ostasiens nicht nur im Süden gehemmt durch den gegen Norden wandernden indischen Block, sondern in gewaltigem Maße auch im Osten durch eine steife Masse im Untergrund des Pazifik. Durch diese beiden Widerlager wurde die Süd-

bewegung Sibiriens weitgehend zurückgehalten und verzögert, und die durch den sibirischen Vorstoß erzeugten Ketten biegen vor dem pazifischen Hindernis in mächtigen Bogen nach Norden zurück. So konnte auch der afrikanische Nordschub im Westen ganz Europa als Block beiseite schieben, während dies dem sibirischen Kontinent gegenüber dem östlichen Gondwana infolge zu großer seitlicher Widerstände in Indien und im Pazifik nicht gelang.

Wir werden sehen, daß diese Lösung des asiatischen Baues die denkbar einfachste Erklärung des Phänomens ermöglicht, doch wollen wir nun vorerst unsere alpinen Leitlinien weiter über den Erdball verfolgen. Sie zeigen uns ja in erster Linie und in gewaltiger Schrift das Werden der irdischen Struktur.

Unser Weg führt uns zunächst wieder hinauf nach Norden, den äußersten alpinen Ästen **Nordostasiens** zu. Nach der Scharung am Amur nimmt die Intensität des ostasiatischen Orogens sehr rasch ab. Wir sind ja hier im hintersten rückwärtigsten Segment der großen, von der sibirischen Masse nach Süden bis auf die Sunda-Inseln vorgetragenen Wellen, schon in der Nähe ihrer seitlichen Enden, und zudem liegt der Pazifik mit seinem steifen Untergrund hier schon in derart unmittelbarer Nachbarschaft des schiebenden sibirischen Blockes, daß jede freiere Entwicklung eines bedeutenderen Gebirgssystems a priori schon ganz ausgeschlossen ist. Die großen ostasiatischen Bogen müssen hier langsam ersterben. Das ist auch wirklich das tatsächliche Bild.

Drei Zwischenmassive regieren den Bau dieser einsamen Regionen. Das Ochotische Meer, das Bering-Meer und der Nordteil Ostasiens zwischen Werchojansk und der Bering-Straße. Diese drei Massen zerteilen auch die letzten Ausläufer des mediterranen Systems. Die alpinen Vorlandgebirge, es sind ja nun nach der eben gewonnenen Anschauung hier im Osten eigentlich Rücklandgebirge, erreichen dem Aldangebirge entlang Ochotsk und biegen dort in die südlichen Züge des Kolymksgebirges ein. Dieses zieht von der unteren Lena herbei und umschließt im „Bogen“ von Werchojansk mit verschiedenen Nebenzweigen das nördlichste Asien. Dieses typische Vorlandgebirge zerteilt sich dann im Anadyrgebiete schließlich in mehrere auseinanderstrahlende Äste. Einzelne derselben mögen durch die Bering-Straße die zentralen Teile von Alaska noch erreichen, doch erlauben die bisherigen Kenntnisse auf der Tschuktschen-Halbinsel vorderhand kein sicheres Urteil über diese Fragen.

Die aus dem Süden durch das Aldangebirge heranziehenden Ketten des Tianschan- und Altaisystems scheinen am Südrand des Kolymksgebirges zu erlöschen und auch die japanischen Ketten von Sachalin

tauchen jenseits des ochotischen Massivs nicht mehr auf. Einzig die Kette, die von Jesso durch die Kurilen das ochotische Massiv im Südosten umschlingt, erreicht Kamtschatka und streicht über Karagin und den Hals von Kamtschatka dem Nordosten zu. Am Anadyrgolf sind aber auch von diesen Ketten keine Spuren mehr vorhanden.

Auffallend ist endlich, daß, während wir auf Jesso deutlich die Abzweigung der Kurilen von der japanischen Hauptkette erkennen können, wir auf Kamtschatka **nicht eine Andeutung** dafür finden, daß diese Randketten in die Aleuten fortsetzen. Das ganze Gebirge streicht dort gegen Nordosten auseinander, und zwischen die Kommandeur-Inseln, den Beginn der Aleuten und Kamtschatka schaltet sich ein mächtiger Graben. Ich möchte daher im Gegensatz zur bisherigen Ansicht die asiatischen Ketten durch Kamtschatka gegen den Anadyrgolf hinauf ersterben lassen und **die Aleuten vom asiatischen Bau trennen**. Dieselben stehen in deutlicher Konnexion mit den Ketten Nordamerikas, und ich sehe in ihnen das freie Ende der nordamerikanischen Gebirge. Wir kommen später darauf zurück.

Vorderhand suchen wir nun die Ketten des mediterranen Orogens auch im Süden noch weiter zu verfolgen und begeben uns zu diesem Zwecke durch die Inselkränze Japans und der Philippinen abermals hinab an den Äquator, diesmal in den **Osten der malayischen Inselwelt**.

Da hat uns die bisherige Analyse der Sunda-Inseln in überaus klarer Weise gezeigt, wie weitgehend der Verlauf der jungen Ketten, und damit die Form und Anordnung der Inseln und Inselreihen jener fernen Inselwelt, regiert wird von ganz analogen uralten steifen Zwischenmassiven, wie wir sie auf dem festen Lande vom Atlantik bis hinüber nach China und bis hinauf nach Ochotsk erkennen konnten. Dabei erreichen gerade im fraglichen Raum der Sunda-Inseln diese Zwischenmassive großartige Ausdehnung und erscheinen zwischen diesen mächtigen alten Pfeilern und Schilden die jungen Ketten nur wie Linien zierlicher Ornamentik. Die Zwischengebirge aber beherrschen als steife Platten den ganzen Stil, und im besonderen auch die Form des Orogens. Halten wir uns dies vor Augen, so werden wir begreifen, daß die Linienführung des alpinen Orogens gerade hier gar keine einfache sein kann. Da erlischt eine Kette zwischen zwei Zwischenmassiven, dort taucht eine neue in ähnlicher Lage, aber nicht in absolut genauer Fortsetzung der ersten verschwundenen wieder auf, und solch ein Stil kann sich mit diesem Mechanismus zu Dutzenden von Malen wiederholen. So dürfen wir also keineswegs erwarten, daß jede einzelne Kette sich über große Räume hin ununterbrochen fortsetze. Vielmehr fügen sich eben

mehrere Ketten, die einander gar nicht genau zu entsprechen brauchen, zu einer gewissen Zone zusammen. Diese Zone im großen aber können wir sehr wohl verfolgen.

Das ist der eine Punkt, den wir nicht aus den Augen verlieren müssen, wollen wir die Region der östlichen Sunda-Inseln einer Synthese zugänglich machen. Der andere ist der gegen Osten mehr und mehr sich steigernde **Einfluß des pazifischen Untergrundes**. Der Verlauf der burmanischen Randbogen zwischen Assam und Japan zeigt ja überaus deutlich, daß diese mächtige Faltenschar sich unmöglich frei und ungehindert zu solchen Formen entwickeln konnte, sondern daß sie sich weitgehend seitlichen Widerständen und frontaler Raumfreiheit angepaßt hat. Die Gestalt dieser Bogen ist absolut unverständlich ohne die Annahme mächtiger steifer Blöcke in den beiden Flanken des Bogens, die denselben ungeheuer zurückgehalten haben. Im Westen ist eine stauende Masse aufgeschlossen im Gondwanafragment des indischen Blockes, im Osten jedoch wird solch ein Block durch die Fluten des Stillen Ozeans verdeckt. Ein stauender Einfluß dieser unserem Auge stets verborgen bleibenden pazifischen Masse macht sich ja auch im großen Gesamtbild des ostasiatischen Orogens geltend, man denke nur an die gewaltige Raffung aller alpinen Ketten bis hinauf zu den nördlichsten „Vorlandelementen“ Sibiriens im Raume von Ochotsk. Die ostasiatische Bogenschar stieß im Raume des Pazifik auf ein ganz großartiges seitliches Widerlager, das kein noch so gewaltiger sibirischer Stoß zu erschüttern oder zu bewegen vermochte, und das im Gegenteil die ganze riesenhafte Bogenschar zu weitgehender Anpassung an seinen Umriß zwang. Eine grandiose steife Masse muß daher den Untergrund des Stillen Ozeans beherrschen. Schon SUESS hat auf die Notwendigkeit dieser Annahme hingewiesen, HAUG sprach diesen pazifischen Block als wahren versunkenen Kontinent an, und KOBER und ARGAND haben die gleiche Masse als starres Widerlager, allerdings mit ungleichen Argumenten und Details angenommen. Der Einfluß des Pazifik muß somit für den weiteren Verlauf der Dinge von höchster Bedeutung sein.

Im Westen treibt der russische Block die Ketten des Tianschan-systems über Tausende von Kilometern auseinander, er schiebt sich in gewaltigen Dimensionen zwischen dessen einzelnen Ästen ein. Das Tarimbecken und die Sinische Masse zwängen sich zwischen die alpine Nordfront und die asiatischen Vorlandgebirge ein, die Südchinesische Masse endlich zerteilt die Ketten des alpinen Zentralorogens. Der russische Block dirigiert dabei die nördlichen Ketten Zentralasiens hinauf zum Eismeer, die südlichen an die Straße von Gibraltar.

Die gleiche Rolle eines solchen mit gigantischer Gebärde die Gebirge der Erde sprengenden Massivs spielt auch der steife

Untergrund des Stillen Ozeans, der **pazifische Block**. Derselbe **teilt am Ostende Eurasiens die Gesamtheit der mediterranen Ketten der Alten Welt entzwei**. Der nördliche Teil derselben zieht durch Ostasien hinauf nach Norden zum Polarkreis, an die Bering-Straße, der südliche erreicht vor der Front Australiens Neu-Seeland. Das mediterrane Gesamt-orogen löst sich angesichts des Pazifischen Blockes in seine großen Einzeläste auf, den ostasiatischen im Norden, den australischen im Süden.

Betrachten wir diese größte bisher bekannte Virgation der Erde nun näher.

Den Verlauf der mediterranen Hauptketten, d. h. der asiatischen Vorlandgebirge, der Alpidenfront, des alpinen Zentralorogens, haben wir bereits geschildert; die zentralen tibetanischen Glieder desselben ziehen von Java durch den inneren Bandabogen nach Celebes, und über die Philippinen und Marianen nach Japan hinauf. Es bleibt die Frage nach dem **Schicksal der südlichen Ketten**.

Am Golf von Bengalen sinkt die mächtige indische Rücklandtafel Gondwanas ostwärts unvermittelt zur Tiefe. Das gewaltige Vordrängen der burmanischen Bogen in direkt südlicher Richtung legt dabei die Vermutung überaus nahe, daß der gondwanische Block hier längs mehr oder weniger meridionalen Brüchen, vergleichbar den afrikanischen Grabensystemen, zur Tiefe gesunken sei. Damit verschwinden naturgemäß auch die himalayanischen Rücklandfalten Gondwanas unter dem vordringenden burmanisch-malayischen Bogen. Derselbe quillt in plastischer Masse weit über den Äquator vor, das niedergesunkene Gondwana samt seinen Randketten tief unter sich begrabend. Nur an der Südfront Sumatras taucht eine eigene Rücklandkette in der Inselreihe von Nias-Engino als selbständiges Element auf. Im Osten aber erscheint, unter den vor dem Pazifischen Block erneut nach Norden zurücktretenden burmanischen Elementen hervortauchend, das gondwanische Rückland von neuem in dem isolierten Fragment Australiens. Dasselbe steigt an mächtigen, gleichfalls afrikanisch, d. h. meridional verlaufenden Brüchen aus den Tiefen des Indischen Ozeans auf. Und beinahe im selben Meridian tauchen unter dem malayischen Bogen von Java und Celebes auch die gondwanischen Rücklandketten als die südlichsten Elemente des mediterranen Systems wieder auf in den Ketten von Timor-Ceram und im weiteren den Gebirgen von Neu-Guinea.

Diese Verhältnisse lassen sich im Prinzip ausgezeichnet mit europäischen Dingen vergleichen. Wir brauchen hier im Osten die Ketten-schlingen nur von Norden her anzusehen, um zu ganz überraschend

ähnlichen Bildern zu gelangen, wie sie uns aus Europa vertraut sind. Betrachten wir daher das südöstliche Asien auch einmal von diesem Gesichtspunkte aus, im **Vergleich mit Europa**.

Das Vorland des burmanisch-malayischen Bogens ist Gondwana. Zwischen dessen beiden großen östlichen Eckpfeilern, Indien und Australien, dringt die malayische Bogenschar in mächtigen Wellen vor wie in Europa das System der Alpen und Karpathen zwischen den Eckpfeilern des spanischen und des russischen Vorgebirges. Der Indische Ozean entspricht dabei vollständig der freien alpin-karpathischen Bucht Mitteleuropas, der Lücke zwischen spanischem und russischem Vorgebirge.

Im Westen Eurasiens nun leisteten diese südlichen Vorgebirge Altenropas der herandrängenden alpinen Front als in erster Linie exponierten Massen besonders mächtigen Widerstand, sie wurden dabei aber auch in erster Linie von der alpinen Bewegung selber ergriffen, an gewissen dazu besonders disponierten schwächeren Stellen genau wie die Tethys weitgehend zusammengestoßen und so zu mächtigen Vorlandketten deformiert. Gegen die offene mitteleuropäische Bucht hin aber nimmt dieser gesteigerte frontale Widerstand des alpinen Vorlandes ab, die Vorlandketten klingen aus, und dafür dringen die alpinen Wellen der eigentlichen Tethys ungehindert weit nach Norden vor. Die Vorlandketten tauchen so mit ihren Enden unter die Alpidenfront, sie gehen quasi in derselben unter. So sahen wir im europäischen Westen das Pyrenäen-, im Osten das Kaukasussystem innerhalb der beiden großen exponierten Vorlandecken entstehen und mit Annäherung an die mitteleuropäische Bucht verschwinden. Beide Vorlandgebirge tauchen unter die gewaltig vordrängenden Bogen der Alpen und der Karpathen ein. Alpen und Karpathen drängen dabei weit über diese niedersinkenden Vorlandketten hinaus: deren rudimentäre Fortsetzungen sind samt der streichenden Fortsetzung des spanischen und des russischen Vorgebirges tief unter den jungen Bogen begraben, und die jungen Geosynklinalgebirge dringen nicht weniger als 7 Breitengrade über diese Vorlandketten hinaus nach Norden. Es ist anzunehmen, daß die Zone der Pyrenäen, die in der Provence unter dem alpinen Zentralorogen untertaucht, unter diesen alpinen Zentralketten und den vorgestoßenen Dinariden in fast gleicher Richtung das Ende des Kaukasuszuges im Balkan erreicht. Die Pyrenäen sinken so mitsamt dem europäischen Vorland des spanischen Vorgebirges, dem sie ja entstammen, unter den mächtigen Bogen der Alpen zur Tiefe, sie tauchen aber im Osten, wo im russischen Vorgebirge des Pontus und der Walachei das alpine Vorland aus der mitteleuropäischen Bucht wieder in die Höhe steigt, unter den Karpathen-Balkanbogen als das System des Kaukasus wieder hervor. Im Raume zwischen Nizza und Rumänien jedoch sind sie samt den südlichen Vorgebirgen Spaniens und Rußlands unter dem

mächtig nach Norden vordrängenden alpinen Hauptbogen Mitteleuropas begraben.

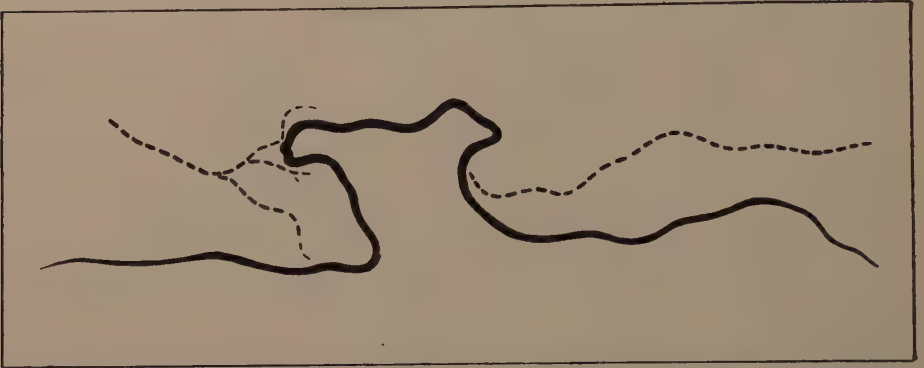


Fig. 22. Die Beziehungen der europäischen Vorlandgebirge zum Alpen-Karpathenbogen.
(Links Pyrenäen-, rechts Kaukasussystem. Axe des Geosynklinalorogens schwarz.)

Dasselbe Bild, nur in viel größerem Maßstabe, erkennen wir nun im asiatischen Osten. Zwischen Neu-Guinea und dem Himalaya drängt der burmanisch-malayische Bogen mächtig gegen den Indischen Ozean vor, als das Gegenstück des alpin-karpathischen Bogens Europas. An seiner rechten Flanke taucht, wie in Europa der Kaukasus unter dem Karpathenbogen, der Himalaya als ein Vorlandgebirge des burmanischen Systems hervor. In Assam sinkt dasselbe unter den aktiven burmanischen Hauptbogen hinab, wie der Kaukasuszug nordwestlich der Dobrudscha unter den Bogen der Karpathen. Und gehen wir hinunter

zum linken Flügel des „Burmalayischen Alpenbogens“, so sehen wir dort, aufs innigste mit dem erneuten Auftauchen des gondwanischen Vorlandes verbunden, die Gebirge von Timor-Ceram und von Neu-Guinea unter dem aktiven Hauptbogen hervortauschen, in ganz ähnlicher Weise wie etwa in der Provence das Pyrenäensystem unter dem

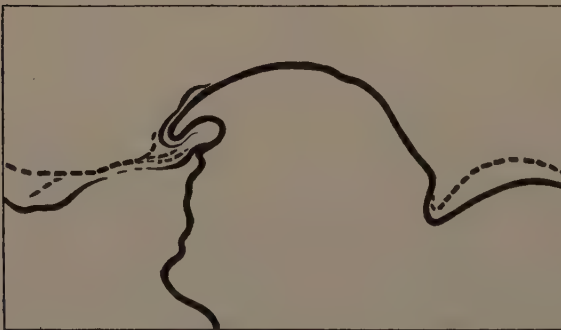


Fig. 23. Die Beziehungen der Gebirge Neu-Guineas und des Himalayasystems zum malayisch-burmanischen Bogen.
(Neu-Guinea links, Himalayasystem rechts; vergl. Fig. 22.)

Alpen-Karpathenbogen emporsteigt. Auf diese Weise erscheint der Himalaya als ein Gegenstück des Kaukasussystems, und die Gebirge Neu-Guineas sind gewissermaßen die malayischen Pyrenäen. Vorderindien

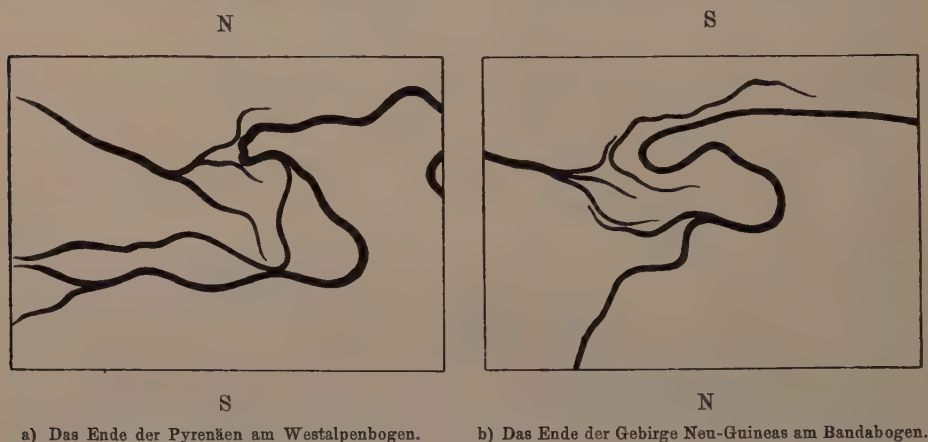
entspricht dabei dem russischen, Australien dem spanischen Vorlandsegment Europas, und Neu-Guinea beherbergt auf diese Weise die australischen Pyrenäen, und der Himalaya erscheint als ein indischer Kaukasus.

Die Parallelen sind außerordentlich groß, nur dringt hier der aktive Bogen mit seinem nun asiatischen Hinterland nicht nur um etwa 7, sondern um beinahe 20 Breitengrade über sein passives Vorland und dessen Randgebirge hinaus. Damit dokumentiert sich die Gewalt des ostasiatischen Südstoßes auf neue Weise.

Die tektonischen Elemente des Himalaya setzen somit ohne jeden Zweifel in Neu-Guinea wieder ein. Aber die himalayatischen Ketten Indiens bestehen ganz deutlich aus zwei verschiedenen Einheiten des alpinen Gesamtrogens. Ihre indischen Randschuppen enthalten deformierte Fragmente Gondwanas, im inneren Hochgebirge jedoch erkennen wir den Südrand der tibetanischen Zone als ein Äquivalent der dinarischen Elemente des Westens. Wir haben daher auch die Gebirge **Neu-Guineas**, in denen unter den burmanischen Elementen Innertibets die Ketten der Himalayazone wieder auftauchen, im großen ganzen als eine Fortsetzung der dinarischen Randgebirge und der gondwanischen Rücklandketten des eurasiatischen Westens zu betrachten. Auf jeden Fall aber als die südlichsten Teilelemente des alpinen Gesamtrogens. Diese südlichsten Glieder des alpinen Systems aber ziehen nun bestimmt nicht mehr zusammen mit dem übrigen Orogen nach den Philippinen, den Marianen und Japan hinauf, sondern sie erreichen in eigenen selbständigen Ketten über Neu-Kaledonien und die Melanesischen Inseln die Gebirge von Neu-Seeland. Das mediterrane Orogen der Alten Welt teilt sich also wirklich angesichts des Stillen Ozeans auf den Molukken in zwei große eigene Äste, von denen der eine nach Japan, der andere nach Neu-Seeland zieht, und der pazifische Block schiebt sich tatsächlich zwischen diese alpinen Äste als ein gewaltiges Zwischenmassiv, das Pazifische Zwischengebirge, ein.

Betrachten wir nun die eigenartigen Verhältnisse des alpinen Rogens im Raume der **Banda- und Molukkensee** noch etwas näher. BROUWER ist abermals unser Führer. Die javanische Hauptkette erreicht über den inneren Bogen der Bandasee den Südostarm von Celebes und mag durch diese Insel im besten Falle die Marianen oder die Philippinen noch erreichen. Der Timor-Cerambogen umgibt diesen versunkenen Alpenbogen der Bandasee gewissermaßen als eine Art — allerdings stark übertriebener — Jura des australischen Vorlandes. Auf Buru endet dieser malayisch-australische Vorbogen und sein Ende bleibt ungewiß. Möglicherweise scharf er sich mit dem Hauptbogen auf Celebes wie der Jura mit den

Alpen. Nördlich von ihm aber taucht auf jeden Fall in den Sula-, Obi- und Misool-Inseln ein kaum dislozierter Vorlandstreifen auf, dessen Südrand, vielleicht als eine Art Kulisse des Cerambogens, das große Gebirge Neu-Guineas entsteht. Dasselbe liegt in bezug auf den Bandabogen ganz analog wie die Pyrenäen zum Westalpenbogen.



a) Das Ende der Pyrenäen am Westalpenbogen.

b) Das Ende der Gebirge Neu-Guineas am Bandabogen.

Fig. 24. Westeuropa und Molukkensee.

Aber wie gerade dort die Details im Verlauf der Ketten beeinflusst sind durch sekundäre, starrere und plastischere Zonen, wie dort einzelne Zweige des Jura statt in die Alpen zu den Pyrenäen abirren, oder umgekehrt einzelne frontale Teile der Pyrenäen gegen den Jura ausstrahlen, andere endlich direkt unter den Westalpenbogen hineinziehen, andere wiederum erlöschen, so sind auch hier im einzelnen die Verhältnisse enorm verwickelt. So öffnen sich die Neu-Guineischen Pyrenäen im Angesicht des Bandabogens in ähnlicher Weise, wie das Ostende der spanischen Pyrenäen am Golf von Perpignan oder bei Nîmes sich öffnet. So strahlt von ihnen ein südlicher Zweig gegen außen ab, der sich mit dem Jurabogen von Timor in ähnlicher Weise verbinden könnte wie der nördlichste Pyrenäenzug dies mit dem Jurabogen tut, und so zieht auch umgekehrt ein „jurassischer“ Bandazweig von den Key-Inseln mit Richtung auf Neu-Guinea ab usf. Wenn aber alle diese Fragmente sich nicht zu einer einheitlich geschlossenen, über größere Räume wohlverfolgbaren Kette fügen wollen, so haben wir nicht zu vergessen die Rolle der auch hier überall vorhandenen Zwischenmassive, die das einheitliche Bild stören und modifizieren, die aber den großen Gesamtzusammenhang doch nicht zu verschleiern vermögen.

Wir können somit als durch viele Tatsachen gut dokumentiert ansehen, daß die südlichsten Glieder des mediterranen Orogens, die in Europa und Nordafrika durch die dinarischen Ketten und die ma-

rokanischen Rücklandfalten repräsentiert werden, nach ihrem Verschwinden unter dem burmanischen Bogen Indiens östlich von Celebes in den mächtigen Gebirgszügen wieder erscheinen, die über Neu-Guinea, Neu-Kaledonien und Neu-Seeland den australischen Block umgürten. Diese bis anhin stets eng mit den übrigen eurasiatischen Ketten zu einem einzigen System verschweißten südlichsten Elemente des mediterranen Orogengürtels **trennen** sich also östlich von Celebes auf den Molukken von den übrigen alpinen Ketten, und die alpinen Gebirge strahlen angesichts des Stillen Ozeans in absolut derselben Weise auseinander wie vor einem steifen Kontinentalmassiv.

Damit treibt tatsächlich der pazifische Block als ein urgewaltiges zentrales Zwischengebirge die Ketten der Alten Welt entzwei.

Diese große pazifische Gabelung der mediterranen Gebirge betrifft im übrigen, wie wir bereits gesehen haben, nicht nur die allersüdlichsten Teile des alpinen Orogens. Auch die aus dem zentralen Tibet herabziehenden burmanischen Elemente werden östlich von Celebes aufgespalten. Nur deren nördliche Hauptmasse erreicht die Philippinen und Marianen, ihre südlichen Randelemente aber ziehen über Groß-Obi und den Rücken der Pisang-Inseln recht deutlich nach Waigu und in die nördlichen Züge der Halbinsel Beru hinüber und treten auf solche Weise am Nordrand der Ketten von Neu-Guinea in den eigentlichen Bau der Ozeaniden ein. Es wäre auch möglich, daß diese burmanischen Randzüge direkt in das Gebirge der Halbinsel Beru und damit die große Neu-Guineische Kor-dillere selber fortsetzen, und daß Waigu, zusammen mit den Schouten- und Jobi-Inseln, schon eine nördliche eigene Kulisse, ein Element des pazifischen Randes selber, darstellte. Denn es ist klar, daß die gewaltsame Trennung, Aufsplitterung möchte man fast sagen, des mediterranen Systems durch den pazifischen Block nicht ohne Schaden auch für diesen letzteren abgelaufen ist. Derselbe muß notgedrungen an seinem Rande von den großen Bewegungen des Mediterrans noch erfaßt worden sein. So können wir sehr wohl die östliche Kette von Halmahera, die Elemente von Waigu, Arfu, Schouten und Jobi als deformierte Partien des pazifischen Blockes selber auffassen, wie weit draußen im Ozean auch die Inselguirlanden von Mikronesien. Das ganze Orogen strahlt so in mächtigem Fächer wie eine riesige Garbe weit in den Pazifik auseinander, aber die großen **Hauptzüge** desselben, die sich durch die ganze Alte Welt verfolgen ließen, **meiden** den Stillen Ozean. **Sie ziehen um denselben herum;** die nördlichen Ketten mit der Hauptmasse des Orogens nach Norden, die südlichen nach Süden. Diese Furcht der mediterranen Hauptketten vor der Unendlichkeit des Pazifik ist ein sicherer Finger-

zeigt, wie es sich mit dem Untergrund des Großen Ozeans verhält. Derselbe muß an seinem Grunde ein Massiv von gewaltigen Ausmaßen und unerhörter Steifheit beherbergen, daß er eine Virgation von solchen Ausmaßen, die einzig in der Welt dasteht, erzwingen kann.

Die nördlichen Zweige dieser pazifischen Virgation haben wir verfolgt bis hinauf nach Kamtschatka und an die Bering-Straße. Die südlichen wollen wir nun näher analysieren. Es sind die freien Bogen der Ozeaniden, die auf drei Seiten den australischen Block umgeben.

3. Die alpinen Leitlinien Australiens und der Ozeaniden

Verschiedene Kettenzüge, die durch mächtige Inselreihen lose miteinander verbunden sind, treten hervor. SUESS hat sie seit langem erkannt und beschrieben. Der Hauptstamm der Ozeaniden erreicht von Neu-Guinea über Neu-Kaledonien Neu-Seeland; die Außenseite des von diesen Gebirgen beschriebenen Bogens liegt gegen den Pazifik zu. Vor dessen Front erscheinen im Norden die eleganten Inselbogen zwischen den Admiralitäts-Inseln, den Salomons-Inseln und den Neuen Hebriden, im Osten der isolierte Bogen, der von den Fidschi- und den Tonga-Inseln über Kermadec nach Neu-Seeland zieht. Nördlich dieser vorderen Kulisse entsteigen die Karolinen, die Marshall-, Gilbert- und Ellice-Inseln in verlorenen Bogenstücken den Tiefen des Ozeans, im Osten schließen sich die Reihen der Polynesischen Inseln an. Alle diese ozeanischen Bogen weisen auf den Pazifik hin, sie erscheinen deutlich von Australien weg bewegt. Besonders augenfällig ist dies der Fall auf Neu-Kaledonien, dann vor allem aber auf Neu-Seeland. Im südwestlichsten innersten Teil dieser großen australischen Bogenschar erkennen wir endlich das ostaustralische Küstengebirge als mächtige alpin neubelebte australische Rücklandkette.

Im einzelnen aber sind die Zusammenhänge bei weitem nicht so einfach. Wir treffen hier den komplexen Bau der südlichsten mediterranen Ketten, der Dinariden und Marokkiden, in vielen Einzelzügen wieder. Nichts hat sich geändert im großen Stil dieser Kettenzüge, und auch hier beherrschen, genau wie in Asien, in Europa, in Nordafrika, die steifen Zwischenmassen den Verlauf der Gebirge. Auch hier treffen wir deshalb nicht kontinuierliche Ketten, sondern die Gebirge werden weitgehend abgelenkt und in ihrem Verlauf modifiziert durch das Dazwischentreten alter steifer Massive, und mächtige Zwischengebirge trennen somit auch hier weithin die sonst geschlossene Ketten-schar. Nur sind diese Zwischengebirge wie schon im malayischen Archipel nicht mehr direkt als solche sichtbar, sondern werden vom Meere überflutet, und diese steifen Massen verraten sich nur durch den von ihnen erzwungenen Verlauf der als Inselreihen aus den Fluten

emporragenden Kettenfragmente. Aber der ganze Baustil ist hier in den Ozeaniden Australiens absolut derselbe geblieben wie in den Dinariden oder Marokkiden des Westens, und wenn wir diese letzteren um 2000 m versenken könnten, so würde ein ganz ähnliches Bild entstehen, wie die Inselreihen des australischen Archipels es uns bieten. Eine ganze Reihe mächtiger Scharungen und Virgationen, geleitet durch große Zwischengebirge, tritt auch in Australien hervor.

Betrachten wir diese **Gliederung der Ozeaniden** einmal näher, so werden wir eine Reihe von Vergleichspunkten mit den südlichsten mediterranen Ketten des Westens finden.

Da scheint sich zunächst die ostaustralische Kordillere, zu der von Tasmanien bis Kap York der australische Kontinentalblock deformiert worden ist, auf Neu-Guinea mit der südlichen Hauptkette der Ozeaniden scharen zu wollen. Die beiden Gebirgszüge, die dort auf engen Raum zusammengerafft sind, treten im Korallenmeer gen Osten und Süden weit auseinander. Eine weitere Virgation ist möglicherweise durch den Verlauf der Untiefen zwischen Capricorn-Channel, den Chesterfield-Inseln und der Südinself von Neu-Seeland dokumentiert. Auf jeden Fall aber treten dieselben Ketten, die auf Neu-Guinea sich bis zu vier Breitengraden einander nähern, gen Süden weit auseinander, und im Raume Melbourne—Wellington sind sie über 25 Längengrade voneinander entfernt. Von der Baß-Straße zwischen Australien und Tasmanien aber zieht die australische Kordillere über Tasmanien und einen mächtigen untermeerischen Rücken hinab gegen Südosten, bis sie sich schließlich auf den Macquarie-Inseln den Südausläufern der neuseeländischen Ketten auf den Campbell-Inseln abermals auf wenig mehr als fünf Längengrade nähert. Wir erkennen somit folgenden Zusammenhang:

Auf Neu-Guinea und im Raume der Campbell- und Macquarie-Inseln sind die Ketten Ostaustraliens und Neu-Seelands — Neu-Guineas eng gerafft. Von diesen beiden Räumen aber strahlen sie weit in Virgation auseinander und schiebt sich zwischen dieselben ein mächtiges Zwischenmassiv. Dasselbe erstreckt sich auf dem Grunde des ostaustralischen Binnenmeeres über 40 Breitengrade hinweg. Nördlich Brisbane mag es durch die oben erwähnte Untiefenkette zwischen Queensland und Neu-Kaledonien in zwei Teile geschieden werden. Auf jeden Fall drängt sich aber dieses ostaustralische Randmeer in ganz analoger Weise zwischen die alpinen Ketten — Rücklandgebirge im Westen, dinarische Geosynklinalgebirge im Nordosten — ein, wie etwa das Tarimbecken oder die Sinische Masse sich zwischen die Vorlandgebirge des Tianschansystems und die alpine Nordfront einschieben. Im Großen nimmt dieses **ostaustralische Massiv** im alpinen Gesamtorogen etwa die Position der marokkanischen Meseta an.

Ein zweites großes Zwischenmassiv, das schon einem peripheren Teil des pazifischen Blockes entsprechen mag, trennt die auf Halma-hera und den Fidschi-Inseln sich scharenden Ketten von Melanesien und Mikronesien. Es ist der Untergrund der **Karolinensee**. Ein drittes schiebt sich zwischen einzelne Zweige der großen melanesischen Bogenschar im Raume zwischen Fidschi—Norfolk—Neuseeland und Kermadec, und eine ganze Reihe kleinerer Zwischengebirge trennt im Detail die melanesischen Ketten unter sich entzwei.

So umschließen die Inseln des Bismarck-Archipels mit der Nordküste von Neu-Guinea ein kleines **Bismarckzwischenmassiv**. An dessen seitlichen Enden scharen sich die Inselketten beidseits desselben, im Osten auf Neu-Mecklenburg, im Westen an der Finchküste. Ein zweites tiefversenktes intramelanesisches Zwischengebirge zerteilt die östlichen Ketten Neu-Guineas. Deren nördlichen Äste erreichen über Neu-Pommern und den Südtteil von Neu-Mecklenburg die Salomons-Inseln, die südlichen Zweige ziehen durch das Owen-Stanleygebirge in den Louisiaden-Archipel, die mittleren Teile endlich erlöschen auf den Entrecasteaux-Inseln. Im 160. Längengrade aber sind diese durch das **Salomonsmassiv** bis auf 700 und 800 km getrennten Ketten von neuem vereinigt. Aber gleich schiebt sich ein drittes melanesisches Zwischenmassiv im Raume der **Imberborne-See** zwischen diese Ketten ein. Der Nordteil zieht über Santa Cruz in die Neuen Hebriden, der Südtteil streicht über die Indispensable-Riffs zu den Chesterfield-Inseln. Dazwischen erhebt sich als mittlere Kulisse an einer neuerlichen Ketten-scharung das Gebirge von Neu-Kaledonien. Östlich dieser **neukaledonischen Scharung** teilen sich die Ketten zum vierten Male. Die äußeren Kulissen der Neu-Hebriden stehen über die Fidschi-Inseln und die Minerva-Riffe mit Kermadec und der Ostkette Nord-Neu-Seelands in Verbindung. Vor ihrer Front erheben sich aus den Tiefen der Tongagräben die Vorwellen der nördlichen Fidschi-, der Tonga-, der Kermadec-Inseln. Die südlichen Glieder der neukaledonischen Scharung ziehen von den Chesterfield-Inseln durch einen langen submarinen Rücken hinab gegen Süd-Neu-Seeland, die mittleren Zweige strahlen von Neu-Kaledonien über Norfolk zum Nordkap Neu-Seelands hinab, wo sie an der Cookstraße erneut mit den äußeren Ketten des Fidschibogens zusammentreten. Der zwischengeschaltete Raum enthält in der **Kermadec-Huntersee** ein mächtiges viertes intramelanesisches Zwischengebirge.

Auf Neu-Seeland treten schließlich die eng zusammengerafften Gebirgszüge Melanesiens zum letztenmal auseinander. Der Westteil streicht gegen die Antarktis hinab, wobei er sich mit der ostaustralischen Kordillere im Raume zwischen Auckland und den Macquarie-Inseln zu scharen scheint. Die östlichen Äste irren gegen Südosten hin ab.

Betrachten wir alle diese verlorenen Elemente zwischen Molukken-See und Campbell-Inseln als Ganzes, so erkennen wir klar das **Grundgesetz der australischen Ozeaniden**. Alle diese weit im Stillen Ozean zerstreuten Inselreihen und Gebirgsfragmente ordnen sich zu großen gegen den Pazifik hin bewegten Bogen. Alle diese Gebirge drängen von Australien her gegen den Ozean vor, und **alle primäre Bewegung geht hier**, in scharfem Gegensatz zu Ostasien, wie in Europa erneut **gegen Norden**. Und wenn wir die Verteilung der einzelnen Bogen betrachten, so erkennen wir, wie die äußersten Elemente auf die zentralen Frontsegmente beschränkt sind, die inneren hingegen an den beiden Bogenflanken sehr oft in den Außenrand eintreten. So sehen wir auf Neu-Seeland und auf Neu-Guinea die Fortsetzung der inneren Guirlanden von Neu-Kaledonien an den Pazifik heraustreten, so stößt zwischen Neu-Seeland und dem Bismarck-Archipel, im Zentrum der Bogen, die äußere Guirlande der Kermadec—Tonga—Fidschi—Salomons-Inseln weit ungehindert gegen den Pazifik vor. Die Art dieses Planes der ozeaniden Leitlinien zeigt deutlich, daß die Bewegung der von Australien gegen den Pazifik vordrängenden Bogen im Raume von Neu-Seeland und Neu-Guinea durch mächtige steife Widerlager zurückgebremst wurde, während im Nordosten dieselbe Bewegung weit weniger Widerstand gefunden hat. Auf der Linie Samoa—Neu-Seeland hat ein gewaltiges südpazifisches Widerlager die freie Entfaltung der ozeaniden Bogen gehindert, und ein ähnliches Widerlager erkennen wir auch auf der linken Flanke derselben, vor Neu-Guinea. An diesen beiden starren Pfeilern, dem frontalen im Norden, dem seitlichen im Osten stauten sich die ozeaniden Ketten in mächtigen Scharungen. Im zwischenliegenden Raum mag der pazifische Block, vielleicht an Brüchen, zur Tiefe gesunken sein, und der Bewegung eine größere Freiheit der Entfaltung gewährt haben. Auf jeden Fall aber erkennen wir die stauende Wirkung eines mächtigen pazifischen Blockes im Osten auf Neu-Seeland, und im Nordwesten auf Neu-Guinea. Die Front des großen melanesischen Bogens zwischen Neu-Seeland—Kermadec—Fidschi—Salomons-Inseln und Halmahera bezeichnet ungefähr die Umgrenzung dieses mächtigen pazifischen Blockes.

Der Bogen der Karolinen, die Ketten der Marshall- und Gilbert-Inseln erscheinen somit schon als innerpazifische Elemente, sie sind gewissermaßen als **intrapazifische Vorlandgebirge** des australischen Systems aufzufassen, die aus dem Scharungswinkel der Ozeaniden mit den ostasiatischen Bogen vom Raume von Halmahera in offener Virgation heraustreten und vielleicht gewisse ältere Bruchzonen des pazifischen Blockes unterstreichen. Aus derselben großen Scharung zwischen nördlichen und südlichen alpinen Ketten treten schließlich auch die versprengten Fragmente hervor, die von der Nerotiefe östlich

Guam vom Marianenbogen gegen Osten ziehen und sich über die Midway-Inseln mit der Kette von Hawai zu einem letzten großen flachgespannten pazifischen Bogen fügen. Dieses hawaiische Element kann, wie der Bogen der Karolinen, als ein Ausläufer der mächtigen Virgation aufgefaßt werden, in welcher in der Molukkensee das bisher geschlossene mediterrane Kettenbündel der Alten Welt auseinanderstrahlt. Noch sekundärere Ketten ähnlicher Art erscheinen, quasi als innerste Schwärme dieser mächtigen Garbe, in den polynesischen Elementen bis hinab zu den Paumotu- und den Marquesas-Inseln. Das sind die letzten ersterbenden Äußerungen des alpinen Zentralorogens im Osten.

Damit erlangen wir folgendes Gesamtbild vom Ostende der alpinen Ketten am Stillen Ozean.

4. Die pazifische Virgation der alpinen Ketten

Das mediterrane Gebirgssystem der Alten Welt teilt sich angesichts des Stillen Ozeans in zwei gewaltig divergierende Hauptäste. Der Nordteil des Orogens mitsamt den asiatischen Vorlandgebirgen zieht durch Ostasien nach Norden hinauf, der Südteil mit den gondwanischen Rücklandfalten biegt in den australischen Inselbogen gegen Süden zurück. Das mediterrane Orogen weicht vor dem Pazifik als einem mächtigen steifen Block nach Norden und nach Süden aus. **Die alpinen Hauptketten treten nirgends in den Bereich des Stillen Ozeans ein, sie meiden denselben, sie umfließen ihn wie einen starren Horst.** So sehen wir in Ostasien die asiatischen Vorlandgebirge des Tianschansystems, die alpine Front des Kuenlun, die zentralen Teile des Alpenstammes in Tibet, nach Norden hinauf ziehen, und so weichen die Randketten Gondwanas dem australischen Rande entlang nach Süden zurück. Nur ganz vereinzelt verlorene Kulissen treten in den Karolinen, den Marshall- und Gilbert-Inseln, den Bogen von Hawai und den Zügen Polynesiens in den pazifischen Block ein. Das können schließlich die zentralsten Teile des alpinen Kettengürtels sein, aber nichts hindert uns, in denselben intrapazifische Elemente zu sehen von der Art der kontinentalen Vorlandgebirge Eurasiens. Und zudem sehen wir gerade in Ostasien die Verhältnisse enorm kompliziert durch das Dazwischentreten überaus mächtiger Zwischengebirge, die im Grunde genommen dasselbe darstellen, was uns im Stillen Ozean durch den Verlauf der einzelnen Inselreihen verraten wird. Der Rand des Pazifik ist ebenso wenig eine einheitliche Masse wie der Kontinentalblock Ostasiens, das zeigen diese intrapazifischen Bogen mit aller Deutlichkeit. Ältere versteifte Blöcke wechseln auch hier mit labileren Zonen, die zur Kettenbildung neigen und zwischen den starreren Schollen zusammengepreßt

werden. Aber als Ganzes wirkt der Pazifische Raum als eine mächtige kettensprenghende Einheit, und die großen Hauptketten des mediterranen Orogens dringen nirgends in dieselbe ein, sie umfließen den Stillen Ozean weithin nach Norden und nach Süden. Die dinarischen Randketten Gondwanas bilden mit den alpinen Rücklandfalten den südlichen australischen Ast, die nördliche Hauptmasse des Orogens samt den asiatischen Vorlandgebirgen zieht durch Ostasien hinauf zur Bering-Straße. Wir können die Sachlage aber auch so ausdrücken, daß **der Stille Ozean im Streichen der mediterranen Zentralketten** sich einstellt, und daß die zentralen Teile der alten Tethys somit gewissermaßen als seitliche Ausläufer des Pazifik erscheinen. Nicht von ungefähr erlangen gerade die Ophiolithe und die bathyalen Serien der zentralen Tethys in der Umrahmung des Pazifik eine hervorragende Verbreitung.

Im alpinen Gebirge Westeuropas sind diese ausgesprochen geosynklinalen, durch das Auftreten der Ophiolithe besonders ausgezeichneten Serien auf das Penninikum beschränkt. Die penninische Zone begleitete als tiefes zentrales Becken die helvetische Außenfront des Gebirges, von Spanien bis in die Tauern hinein. Die maximale Verbreitung erlangen diese penninischen Serien im Sektor der Westalpen, etwa zwischen Bernina und Ligurien-Toskana. Hier allein auch treffen wir im penninischen Raume die abyssischen Radiolarite in größeren Massen. Sowohl gegen Osten wie gegen Westen verschwinden dieselben und treten auch die Ophiolithe stärker zurück. Das deutet auf eine seitliche Verengung und Verflachung des penninischen Beckens sowohl gegen Ost wie gegen West. Die dinarischen und asiatischen Ophiolith-Radiolaritserien erscheinen nicht im Streichen der penninischen Zone der Westalpen, sondern dieselben entstammen einem ostwärts sich langsam einschaltenden südlicheren Becken. Die penninische Zone bildet so nur im Westen, etwa zwischen Spanien und Rumänien, gewissermaßen die Achse des Gesamtorogens. Im Osten tritt sie diese Rolle einem südlicheren Becken ab, das die Radiolarite und Ophiolithe der innerdinarischen Zone beherbergt. Diese innerdinarische Ophiolithzone des mediterranen Orogens erreicht auf den Molukken als die große östliche alpine Zentralachse den Pazifik, und sie öffnet sich dort quasi zum Becken des Stillen Ozeans.

Diese zentrale Ophiolithachse des mediterranen Orogens reicht von den Molukken fast geschlossen bis an die Adria, nach Montenegro und Bosnien hinauf. Dort wird sie mit zunehmender Verflachung von der weiter nordwärts sich entwickelnden penninischen Zone abgelöst. Von den Molukken aber strahlt sie beidseits des Pazifik weit nach Norden und nach Süden aus, sie erreicht über die Philippinen Japan, über Neu-Kaledonien Neu-Seeland.

Die Teilung des alpinen Orogens durch den pazifischen Block erfolgt somit zwischen den nördlichsten dinarischen und den südlichsten alpiden Zweigen des geosynklinalen Zentralstammes. Nach westlichen Verhältnissen würde also die überwiegende Hauptmasse des alpinen Orogens nach Norden ziehen, da im Westen die alpine Achse erst vom Penninikum gebildet wird. Aber dieses Penninikum verliert sich eben, schon in Europa, sehr rasch gegen Osten, und **die Rolle der Orogenachse übernimmt in Asien mehr und mehr die Ophiolithzone der Dinariden.** So erkennen wir, daß **der pazifische Block das alpine Orogen im östlichen Asien in Wirklichkeit an seiner zentralen Ophiolithachse sprengt.**

Die **Ablösung des Penninikums** als der alpinen Axe des Westens durch das dinarische Ophiolithikum im Osten ist sehr gut begreiflich. Im Grunde genommen erscheint ja die penninische Zone ursprünglich nur als eine Art von den herzynischen Ketten umflossenes Zwischengebirge, das infolge größerer damaliger Starrheit die herzynischen Ketten zu beiderseitigem Ausweichen zwang, selbst aber im herzynischen Zyklus ungefaltete blieb. Dieses penninische Zwischengebirge bildete das Ausgangs- und Anfangsstadium der penninischen Geosynklinale. In der Folge erwies sich dann dieses während der herzynischen Phase ungefaltete gebliebene Schollenstück wiederum als leichter deformierbar als die es umgebenden Rumpfe herzynischer Ketten, und es wurde daher später als leichter faltbar nun in erster Linie zwischen den Rumpfsokeln der herzynischen Ketten **zusammengedrückt.** Wie sich übrigens aus solchen Zwischengebirgen besonders gern spätere Geosynklinalbecken bilden, werden wir weiterhin sehen.

Auf jeden Fall kann die penninische Zone in bezug auf die herzynischen Ketten der helvetischen und austrischen Region primär als ein ungefaltetes herzynisches Zwischengebirge angesehen werden. Und nun haben wir bei unserer Verfolgung der heutigen, alpinen Zwischengebirge immer und immer wieder gesehen, daß dieselben keineswegs im Streichen genau ineinander fortsetzen, sondern in weitaus den meisten Fällen einander wechselständig ablösen. Was ist daher natürlicher als daß auch das alte penninische Zwischengebirge in seinem Streichen von anderen nördlich oder südlich davon gelegenen Zwischenmassiven abgelöst worden ist, und auf diese Art sich etwa die wechselständigen Geosynklinalbecken der penninischen und der zentraldinarischen Zone entwickelten? Die geosynklinalen Einzelbecken sind geradeso wechselständig angeordnet wie die Zwischengebirge, und der Grund für diese Verteilung liegt eben darin, daß viele solcher Geosynklinale direkt aus älteren Zwischengebirgen hervorgehen, und daß damit nicht nur die Verteilung der Zwischengebirge, sondern in ebenso

hohem Maße auch die der geosynklinalen Sonderbecken von einer älteren Tektonik abhängig ist.

Damit ist aber eben die **Axe eines Orogens** in seinen verschiedenen Abschnitten **gar nicht die gleiche**. Im Westen des mediterranen Gebirgssystems ist es die penninische Zone, von der Adria weg nach Osten aber im großen genommen die Zone zwischen austriden und dinarischen Elementen, eine Zone, die vielleicht als eine im Streichen gegen Osten mehr und mehr hervortretende Vertiefung und Erweiterung der ost- und südalpinen Radiolaritbecken angesehen werden kann. Die penninische Zone fehlt im Osten, und die austride rückt damit bis an den Nordrand des Zentralorogens. Die dinarischen Zweige bilden den Südrand. Die zwischenliegende mächtige innerdinarische Ophiolithzone aber ist die auffällige Axe des alpinen Zentralorogens, und längs dieser **Axe** öffnen und **teilen sich die Ketten am Pazifischen Block**.

Damit erkennen wir heute auch vom vertieften tektonischen Standpunkte aus die große Teilung des mediterranen Gebirgssystems, auf die schon HAUG aus rein morphologischen Gründen geschlossen hat. HAUG erkannte, daß die ganze Zone der „Plissements alpins“ sich am Pazifischen Ozean teile; er beschränkt sich aber auf diesen generellen Eindruck. Heute erkennen wir, wie und wo dieses gewaltigste Orogen der Welt sich teilt, und wir wissen, was für Teile desselben nach Norden und nach Süden ziehen. Heute vermögen wir diesen HAUGschen Eindruck ganz enorm zu stützen durch eine Menge seither erkannter Tatsachen, und wir sehen von dieser Sprengung der mediterranen Ketten nicht nur die schmale Zone der Sundabogen ergriffen, sondern das ganze alpine Orogen, von den nördlichen Vorlandgebirgen Eurasiens bis zu den Rücklandketten Gondwanas. Das Phänomen der Kettensprengung am Stillen Ozean ist ein urgewaltiges. Das ganze Orogen, so eng es auch im zentralen Asien noch gerafft war, weicht vor dem Ozean in der mächtigsten Virgation der Erde auseinander. Die Ketten der Dinariden und die Gondwanischen Rücklandfalten ziehen zur Antarktis hinab, die Alpiden und ihre Vorlandgebirge erreichen die Bering-Straße. Dazwischen öffnet sich die Unendlichkeit des Pazifik, und dessen Untergrund erscheint als eine riesenhafte kettensprengende starre Masse, ein Zwischengebirge von gigantischen Ausmaßen. Auch die mediterranen Ketten zusammenraffenden großen Kontinentalblöcke der Alten Welt, Gondwana im Süden, Eurasien im Norden, weichen vor dem Pazifik zurück, und wir stehen am Rande des Ozeans vor ihren seitlichen Enden.

Die Alte Welt besteht somit im Grunde genommen aus drei Elementen, einem Nordkontinent, **Eurasien**, einem Südkontinent,

Gondwana — der Indische Ozean erscheint als Einbruch im Gondwanablock — und dem zwischen diesen Blöcken durchziehenden **mediterranen Orogen**, das schließlich im Osten durch den mächtigen **Block des Pazifik** gesprengt und an den Flanken der beidseitigen Kontinentalschollen in seine Äste zerteilt wird.

Das mediterrane Gesamtorogen öffnet sich am Ostende Eurasiens und Gondwanas angesichts des pazifischen Blockes in seine zwei großen Äste, den **ostasiatisch-alpinen** im Norden, den **australisch-dinarischen** im Süden. Die alpinen Ketten treten vor dem Pazifik auseinander wie vor einem ungeheuren steifen Massiv.

Diese Virgation der alpinen Ketten vor dem Stillen Ozean ist die grandioseste Erscheinung des mediterranen Ketten-systems. Alle noch so großartige Detailtektonik der einzelnen Ketten verschwindet gegenüber diesem gewaltigen Hauptphänomen der **pazifischen Kettensprengung**. Die Gebirge, die im Raume des westlichen Mittelmeeres im Durchschnitt auf 15 Breitengrade zusammengerafft sind, strahlen im Osten bis über Neu-Seeland und an die Bering-Straße über 120 Breitengrade auseinander. **Die größte Virgation der Erde liegt hier am Pazifik vor uns**, und der Stille Ozean erscheint gewissermaßen nur als riesenhaft erweiterte, über unermeßlichen Raum ausgebreitete zentrale Zone, ein **zentrales Zwischengebirge** des großen alpinen Gesamtorogens. Von Europa und Zentralasien treten die alpinen Ketten des mediterranen Systems mit Annäherung an dieses pazifische Zwischengebirge immer mehr auseinander, bis sie schließlich an den Ufern des Ozeans definitiv auseinandertreten und in freien Ästen weithin den Pazifik umschlingen.

Angesichts dieser großartig einfachen Virgation des alpinen Gebirgssystems am Ostrande der Alten Welt muß man sich doch fragen, ob nicht vielleicht auch am Westende der eurasiatisch-gondwanischen Kontinentalblöcke, in Amerika, am Ostrand des Stillen Ozeans, analoge Verhältnisse vorliegen. Die Symmetrie im Bau der Erde würde dadurch eine grandiose, die Gesetzmäßigkeit in der Bildung der alpinen Gebirge von überwältigender Prägnanz. Wie wäre es denn, wenn der alpine Kettenstrang sich nicht nur im Osten in seine großen Hauptfasern auflösen würde, sondern auch im Westen nach Norden und nach Süden in die beiden mächtigen meridionalstreichenden Ketten Amerikas sich öffnete? Wenn die nordamerikanischen Ketten den Nordteil der mediterranen Gebirge, die Anden Südamerikas aber den Südteil derselben repräsentierten? Die nordamerikanischen Ketten entsprächen dann dem ostasiatischen Ast im Osten, und die Anden Südamerikas wären das Gegenstück zu den australischen Ketten. Der großen Virgation der mediterranen Ketten auf den Molukken wäre eine solche in Zentralamerika an die Seite zu stellen. Der Gedanke ist dermaßen

faszinierend, daß er auf jeden Fall einmal diskutiert werden soll. Verheißt er uns doch eine endliche Lösung des bisherigen scheinbaren Widerspruches zwischen mediterranen und andin-pazifischen Gebirgen und somit ein weit klareres Verständnis der jungen Gebirgsbildung, ja sogar der irdischen Orogenesen überhaupt.

Damit verschiebt sich plötzlich der Kernpunkt alpiner Geologie in das mittlere Amerika, und die Antillen rücken in den Brennpunkt der heute größten Frage regionaler Geologie hinein. Eine Prüfung der dortigen Strukturelemente aber, und der Struktur der beiden amerikanischen Hauptgebirge überhaupt, scheint in der Tat der eben skizzierten Vermutung einer gewaltigen zentralamerikanischen Virgation, und damit dem großen **Zusammenhang aller Gebirge der Erde** recht zu geben, wenn auch im Detail manches noch zu eruieren sein wird. Wir betrachten daher nun die alpinen Leitlinien Amerikas und der Antarktis einmal etwas näher.

B. Die alpinen Leitlinien Amerikas und der Antarktis

Bisher wurden die Anden Südamerikas durch den sog. Antillenbogen mit den Kordilleren Mexikos und damit den Gebirgen des nördlichen Amerika zu einem einzigen meridional laufenden Kettenstrang verbunden, der bis heute als **andines Gebirge** stets in Gegensatz zu den alpinen Ketten der Alten Welt, dem mediterranen System im besonderen gestellt wurde. Die nordamerikanischen Gebirge sollten durch den Antillenbogen in die Anden Südamerikas einschwenken. Die amerikanischen Ketten wurden damit zu einem Gebirgssystem für sich, das den mediterranen Ketten fremd gegenüberzustehen schien. SUESS trennte auf nordamerikanischem Gebiet diesen fremdartigen andinen Bau sogar von anderen Ketten, die über Alaska von Ostasien her nach Amerika hineinziehen sollten. Auch HAUG faßt die amerikanischen Gebirge als Ausläufer der ostasiatischen Ketten auf, als einen Teil der von den Molukken ausstrahlenden, durch die Philippinen und Japan heraufziehenden asiatisch-zirkumpazifischen Gebirge. Die amerikanischen Ketten sollten sich nach HAUG in den Molukken vom mediterranen Zentralstamm ablösen. Eine genauere Analyse lehrt jedoch, daß sich der ganze amerikanische Sektor der jungen alpinen Gebirge ganz anders und, was vor allem wichtig ist, viel einfacher und sinnvoller deuten läßt.

Die nordamerikanischen Ketten schwenken **nicht** durch einen Antillenbogen in die Kordilleren Südamerikas ein. Der berühmte **Antillenbogen**, der die beiden Fragmente des Nordens und des Südens zu einem einheitlichen Kettenzuge verbinden sollte, **existiert als**

solcher gar nicht, und nichts beweist daher das behauptete Einschwenken der Nordamerikanischen Gebirge in die Anden Südamerikas. Nord- und Südamerika sind nicht durch eine solche Kettenschlinge miteinander verbunden, sondern nord- und südamerikanische Ketten **scharen** sich östlich der Antillen **in spitzem Winkel** zum großen **mediterranen Hauptstrang**. Der durch den Atlantischen Ozean von der Alten Welt herüberziehende mediterrane Gesamtzug — derselbe erreicht ja in Spanien und Marokko den Atlantik in seiner ganzen Größe und Gewalt —, teilt sich auch in Zentralamerika angesichts des Pazifik in zwei große Äste, und **das mediterrane Kettensystem strahlt dabei in großartiger Virgation zu den Gebirgen Nordamerikas und den Anden Südamerikas auseinander**. Die nordamerikanischen Ketten sind das Gegenstück, nicht die Fortsetzung der ostasiatischen Gebirge, die ja nördlich Ochotsk immer mehr erlöschen, und die Anden sind das Gegenstück der australischen Äste und haben mit ostasiatischen Elementen überhaupt nichts zu tun. Die Scharung der beiden großen amerikanischen Äste auf den Antillen ist das Gegenstück zur Scharung der ostasiatischen und australischen Ketten in den Molukken, und der mediterrane Kettenstrang öffnet sich somit im Westen und im Osten, — wo die nördlichen und südlichen Kontinentalblöcke, Eurasia-Laurentia und Gondwana, ihr seitliches Ende finden —, angesichts des Stillen Ozeans in seine Einzelelemente. Der Nordteil des mediterranen Orogens zieht durch Nordamerika hinauf in die Gebirge Alaskas, der Südteil erreicht durch die Anden Südamerikas die Antarktis. Die freien Enden des mediterranen Gesamtsystems aber streben einander im Norden an der Bering-Straße, im Süden auf der Antarktis entgegen.

Dringen wir nun näher in die Details ein und begründen wir die eben ausgesprochene These.

Wir gehen aus von **Zentralamerika**. Als dem Angelpunkt der Dinge. Da schält sich folgendes heraus. Der Antillenbogen im Sinne eines Einlenkens der südamerikanischen Gebirge in die Ketten Nordamerikas existiert gar nicht. Er ist eine Täuschung wie auf der anderen Seite des Ozeans der Bogen von Gibraltar. Vier Punkte sind es, die diesen Antillenbogen als in höchstem Maße hypothetisch erscheinen lassen.

1. Einmal zieht der innerste Teil der südamerikanischen Anden parallel dem Unterlauf des Orinoco durch **Venezuela** und die Inseln **Trinidad** und Tobago gar nicht in den Antillenbogen, sondern direkt mit unentwegter östlicher Richtung in den Atlantik hinein. Die allgemeine Richtung der Falten weist auf Kanaren und Marokko hin. Zwar läßt sich zurzeit aus den bestehenden Tiefenisohypsenkarten des Atlantischen Ozeans eine direkte Verbindung dieser südamerikanischen Züge etwa mit Marokko nicht ablesen, doch

scheint schon eine ganze Reihe von Elementen auf eine solche hinzuweisen, es wird davon später noch im Detail die Rede sein. So ist beispielsweise die berühmte mittelatlantische Schwelle in diesen Breiten unterbrochen und eilt von den Kanaren ein untermeerischer Rücken parallel der afrikanischen Küste bis weit über die Kapverdischen Inseln hinaus den Falten von Trinidad und der erwähnten Unterbrechung der Mittelatlantischen Schwelle entgegen. Die mediterrane Fazies der venezolanischen Ketten, Trinidads noch im besonderen, ist schon seit langem bekannt, so daß ohnehin eine Verbindung dieser amerikanischen Ketten mit der Mittelmeerzone Europas angenommen werden muß. Daneben aber befinden sich die venezolanischen Anden und das Atlas-system auch sonst in genau derselben tektonischen Position. Südlich des Atlas folgt die mächtige afrikanische Tafel, südlich der Ketten Trinidads und Venezuelas die brasilische Masse. Diese brasilische Masse aber ist ja nur der Westteil jenes großen Südkontinentes, der bis in das ältere Tertiär hinein als das westliche Gondwanaland Afrika und Südamerika noch verbunden hat. Trinidad, Venezuela und Atlas liegen daher tatsächlich in derselben tektonischen Position: alle diese Glieder sind nördliche Randketten Gondwanas. Diese nördlichen Randketten Gondwanas aber sind gleichzeitig auch die südlichsten Teile des mediterranen Gesamtrogens. Atlas, Trinidad und venezolanische Anden gehören damit, nach Fazies und tektonischer Position in dieselbe orogenetische Zone, sie repräsentieren beidseits des Atlantik die südlichsten Teile des mediterranen Kettensystems.

Diese südlichsten Elemente der mediterranen Ketten schwenken in Venezuela in die südamerikanischen Anden ein, und **die Anden erscheinen somit als ein westlicher am Pazifik gegen Süden abgelenkter integrierender Bestandteil**, — gewissermaßen als **Ausläufer** — **des mediterranen Orogens Europas**.

Damit ist die erste empfindliche Bresche in den Antillenbogen geschlagen.

2. In zweiter Linie scheint der **Bogen der Kleinen Antillen** selber, der im besonderen nord- und südamerikanische Gebirge zu einer einheitlichen Kette verbinden sollte, nur recht schwach fundiert. Die Verbindung zwischen den großen Antillen, d. h. den Virgininseln und Santa Cruz einerseits und Trinidad-Venezuela andererseits, wird zum allergrößten Teil von vulkanischen Inseln und nur ganz wenigen isolierten Bruchstücken älterer Gesteine aufgebaut. Daß hier ein wirklicher Faltenbogen vorliegt, ist gar nicht zu beweisen. Zu einem Faltenbogen werden die Kleinen Antillen erst durch die eben hypothetische Verbindung mit Venezuela und den Großen Antillen. Der wichtige Sektor der Kleinen Antillen, also etwa die Strecke zwischen Santa Cruz und Grenada, kann ebensowohl eine schwach gekrümmte

vulkanische Querspalte zwischen ganz normal, mediterranstreichenden Kettenfragmenten sein, wie wir solche auch anderswo quer durch Kettengebirge hindurchziehen sehen. Es sei nur an die steyrischen oder vizeantinischen Vulkane der Alpen erinnert, oder an die große mittelmorokkanische Vulkanspalte zwischen Meknes und dem Hohen Atlas, die völlig quer zu den morokkanischen Ketten verläuft. Man brauchte beispielsweise die morokkanischen Gebirge nur um 2000 m zu versenken, so würde gleichfalls ein schwach gekrümmter Vulkanbogen das Rif mit dem Hohen Atlas verknüpfen. Die Tektonik Marokkos gerade lehrt uns, wie vorsichtig mit Vulkanbogen umgegangen werden muß. Zudem fügen sich auf den Kleinen Antillen auch die älteren Fragmente nicht halbwegs lückenlos zusammen — dieselben streichen wohl im Süden gegen Nordosten, im Norden gegen Südosten —, aber das beweist noch lange keinen bogenförmigen Zusammenschluß. Diese beiden einzig beobachteten Richtungen können sich ebenso gut weit östlich der Antillen in spitzem Winkel scharen und dabei ganz verschiedenen Kettenfragmenten angehören. Im übrigen ist es gerade auch die schwache Faltung der Antillen, die auffällt, und die sich schwer mit einem gewaltsam verdrehten Faltenbogen eines mächtigen andinen Gebirges vereinen läßt. Wie viel einfacher wird alles, wenn wir die Kleinen Antillen als Fragmente eines wenig bewegten Zwischengebirges zwischen den ausgeprägten Kordilleren der Großen Antillen im Norden, und den Ketten Trinidads und Venezuelas im Süden betrachten. Dann verstehen wir auch, daß vielenorts die Tertiärserie des flachgelagerten Miozäns in ähnlicher Weise wie in Ungarn direkt auf steilgefaltetem Grundgebirge liegt. Schließlich läßt auch die Tiefenkarte der Kleinen Antillen erkennen, daß dieselben keineswegs einem einheitlichen Rücken aufgesetzt sind, sondern daß der untermeerische Sockel der Kleinen Antillen zwischen den einzelnen Inseln und Inselgruppen oft weitgehend zerschnitten ist. Auch das spricht viel eher für versunkene Fragmente verschiedener Ketten als für eine einzige den Kleinen Antillen folgende Kordillere. Eine solche wird lediglich durch die Vulkane vorgetäuscht.

3. Endlich zeigen die östlichen Inseln der **Großen Antillen**, Puerto Rico, Santa Cruz und die Virgininseln samt Anguilla, und der denselben vorgelagerte mächtige Antillengraben keine Spur eines Einlenkens in einen „Antillenberg“ im Sinne der bisherigen Auffassung. Diese ganze Zone der nördlichen Großen Antillen streicht mit Ostwestrichtung unentwegt in den Ozean hinaus. Die Virgininseln und Anguilla streichen sogar deutlich gegen Nordosten. Die großen Tiefen, die das östliche Puerto Rico samt den Jungferninseln von Santa Cruz und den Kleinen Antillen trennen — sie erreichen 3000 m und mehr, an einer Stelle sogar 4500 m —, unterstreichen die Trennung von Großen und Kleinen Antillen. Die Kordilleren der Großen Antillen ziehen

nördlich von diesen Tiefen in den Ozean hinaus, und keine einzige nord-amerikanische Kordillere schwenkt daher dort auch nur in die Kleinen Antillen ab, geschweige denn nach Südamerika hinüber. Die beiden Hauptkordillieren der Antillensee, diejenigen der großen Antillen und die von Trinidad, ziehen somit gar nicht in die Kleinen Antillen ein, sondern streichen entschlossen in den Ozean hinaus. Der Antillenbogen ist daher eine Täuschung, er existiert so wenig wie auf der anderen Seite des Atlantischen Ozeans der Bogen von Gibraltar.

Die Kordillieren der Großen Antillen ziehen also über Puertorico, Santa Cruz und die Virgininseln mit Ostwestrichtung in den Ozean hinaus, genau wie im Süden die Falten Trinidads und Venezuelas, und ihre streichende Fortsetzung liegt daher, wie die der südlichen Ketten, jenseits des Ozeans in den alpinen Gebirgen des Mittelmeeres.

4. Ein letzter Punkt, der für diese direkte Verbindung mit dem Mittelmeere und gegen einen durch den „Antillenbogen“ geschlossenen „panamerikanischen Andenzug“ spricht, ist die ausgezeichnet **mediterrane Fazies** der Kordillieren, besonders der nördlichen, die sich bis hinüber nach Mexiko und Texas geltend macht. SUESS schon hat auf diese erstaunliche Tatsache hingewiesen, und HAUG läßt aus diesem Grunde die mediterrane Geosynklinale auf den Antillen in die andine einmünden. Diese mediterranen Faziesreihen und die sie begleitenden mediterranen Faunen sind der beste Beweis dafür, daß auch die beidseitigen Kettenfragmente miteinander in Verbindung stehen. Die Kordillieren Zentralamerikas sind die direkten westlichen Ausläufer der mediterranen Ketten-schar, was ist daher natürlicher als daß auch ihre Fazies mediterran ist? Nach der alten Auffassung erschien es fast unverständlich, wieso die Anden gerade dort gegen das Mittelmeer Europas vorstoßen sollten, wo ihre Fazies mediterran wird. Da ist es doch viel natürlicher, die Ketten Zentralamerikas als direkte Ausläufer der mediterranen Zone Europas zu betrachten, dann ist die mediterrane Fazies sofort begreiflich. Die Analogien mit Europa werden aber noch bedeutend größer, wenn wir auch die westliche Fortsetzung der Großen Antillen betrachten.

In Venezuela lenken die südamerikanischen Anden in den mediterranen Kettenstrang ein. Auf den Großen Antillen und in Mexiko tun dies in ganz derselben Weise aber auch die jungen Kordillieren Nordamerikas. Diese Gebirge Nordamerikas aber sind die Randketten des alten Blockes Laurentia, und dieser laurentische Block war bis weit ins Tertiär hinein nichts anderes als der große Westteil Eurasiens. **Das „Vorland“ der nordamerikanischen Gebirge ist daher im Grunde genommen dasselbe wie das der Alpen.** Was ist also natürlicher als daß auch die beidseitigen Gebirge einander entsprechen? Die nord-amerikanischen Ketten entsprechen daher ganz zweifelsohne den nördlichen Elementen des mediterranen Systems Europas.

Sie stehen durch die Großen Antillen und die Tiefen des Atlantik mit denselben in direktem Zusammenhang, sie zeigen auf den Antillen und in Mexiko die mediterran-europäische Fazies, und sie besitzen ein gemeinsames Vorland. Damit aber ist ein andiner Antillenbogen erst recht unhaltbar geworden.

Es bleibt ein einziges Argument für das althergebrachte Einschwenken der Anden in die Gebirge Nordamerikas, das ist das Sichöffnen der kolumbanischen Kordilleren gegen Norden, die mächtige **Virgation der andinen Ketten am Karaibischen Meer**.

Von Süden kommend, teilen sich mit Annäherung an die karai-bische Küste die noch in Ecuador enggerafften Ketten der Anden in mehrere große Äste. Schon in Südkolumbien trennen sich drei große Kordilleren voneinander ab, die Cordillera Occidental, die Cordillera Central, die Cordillera Oriental, und am Golf von Buenaventura auf der Höhe von Bogotá irrt im Westen dieser Hauptkordilleren noch die kleine Cordillera de Choco ab. Die drei westlichen Kordilleren bleiben noch ziemlich lange in engerem Zusammenhang, zwischen Cordillera Central und Cordillera Oriental jedoch schaltet sich die komplexe Mulde des sog. Magdalenengrabeus, von EUGSTER nach STILLE neuerdings untersucht. An der venezolanischen Grenze teilt die Cordillera Oriental Kolumbiens sich abermals in zwei Einzelelemente, die Sierra de Perijá im Westen, die Cordillera de Merida im Osten. Zwischen diese beiden letzten Äste schiebt sich das Zwischenmassiv von Maracaibo.

Diese mächtige nordandine Virgation Kolumbiens scheint auf den ersten Blick das Einschwenken der südamerikanischen Gebirge in die Ketten Zentral- und Nordamerikas zu unterstreichen. Strahlen doch dabei die andinen Ketten nach Norden auseinander, und scheint der westlichste Ast der Cordillera de Choco über die Enge von Panama sogar eine ganz direkte Verbindung mit dem Norden anbahnen zu wollen. Aber unsere bisherigen Erfahrungen mit den Zwischengebirgen der Alten Welt mahnen zur Vorsicht.

Da sehen wir einmal den Ast der Sierra de Perijá über die Halbinsel Paraguana nach Curaçao und Buenayre der Insel Margarita zustreben, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß sich dort diese weit gegen das Karaibische Meer vorgestoßene Kette von neuem mit dem venezolanischen Hauptgebirge, der Cordillera de Merida, schart.

Sodann erkennen wir im Gebiet der **Großen Antillen**, zwischen dem Golf von Mexiko und dem Karaibischen Meer eine ausgezeichnete Zwischengebirgsstruktur. Die jungen Ketten treten da gegen Nordwesten in weiten Virgationen auseinander, die in ihrem näheren Verlauf durch mächtige Zwischenmassive dirigiert werden. Schon SUESS hat zum Teil diese Zusammenhänge beschrieben. Sie scheinen uns aber

für das Verständnis der Antillenregion von solch grundlegender Bedeutung, daß auch hier auf dieselben eingegangen werden soll.

Auf Puertorico scheinen sich die Kordilleren von Santa Cruz mit denen der Virgininseln zu scharen. Diese Kette tritt dann hinüber nach Haiti, wo sie sich erneut in zwei Äste teilt. Der Hauptast erreicht über die Cordillera de Cibao Cuba, ein südlicher Nebenast streicht von Port au Prince durch die südliche Halbinsel nach Westen und erreicht Jamaica. Auf Cuba spaltet sich der Hauptast abermals in zwei Teile. Der Hauptzug streicht durch die Insel hinauf zum Yukatankanal und erscheint am Ostrande von Yukatan in den Gebirgen von Britisch-Honduras wieder. Ein südlicher Zug zieht durch die Sierra Maestra in die Caymaninseln hinüber und dürfte nach kurzer Unterbrechung in Britisch-Honduras sich erneut mit dem nördlichen cubanischen Hauptzuge scharen. Zwischen den beiden Ketten erscheint als Zwischenmassiv der Untergrund der Yukatantiefe. Der von Haiti abgeirrte Jamaica-Ast der Großen Antillen aber erreicht südlich der mächtigen Bartlett-Tiefe die Gebirge von Honduras, um dann schließlich in Guatemala wieder mit den nördlichen cubanischen Hauptketten zusammenzustoßen. Und da haben wir das Lehrreiche in Zentralamerika vor uns.

In **Guatemala** strahlen die nordamerikanischen Ketten in analoger Weise auseinander wie in Kolumbien die Ketten der Anden, aber die Ketten von Guatemala schwenken dabei **nicht** in die Kolumbanische Virgation ein, sondern die auf Guatemala sich trennenden Ketten **scharen sich gegen Osten auf den Großen Antillen**. Die südlichen Ketten von Guatemala ziehen nicht in die westlichen Kordilleren der Anden, wie es zunächst den Anschein haben mochte, sondern diese Ketten ziehen in ihrer Gesamtheit gegen Osten nach Haiti hinein und raffen sich dort von neuem zu einer einheitlichen, geschlossen gegen Osten ziehenden Kettenschar.

Die **Tiefen des Karaibischen Meeres** lehren uns aber noch mehr. Da trennt sich vom Jamaika-Ast der Großen Antillen ein breiter untermeerischer Rücken ab, dessen Richtung nach Süden direkt gegen **Panama** hinab weist. Dabei nähert sich dieser Roncadorrücken auf kaum drei Breitengrade der westlichsten Kordillere der Anden. Das Streichen am Panamakanal geht gegen Nord-Nordost, und es ist daher gar nicht anders möglich, als daß diese westlichste Andenkulisse der Cordillera de Choco etwa an der Punta Manzanilla dem Roncadorrücken zustrebt. Damit aber schart sich diese westlichste Andenkette auf deutlichste Weise mit dem nordamerikanischen Gebirge auf Haiti in spitzem Winkel. Das ganze Karaibische Meer wird zu einem mächtigen innerandinen Zwischengebirge, auf dem die zentralen Ketten erlöschen. So sinken schon im nördlichen Kolumbien

die Sierra Occidental und Central zur Tiefe; sie mögen jedoch als flache submarine Rücken noch bis etwa gegen die Kote 3978 nördlich Barranquilla hinziehen. Durch einen weiteren submarinen Rücken, der von Kap Beata auf Haiti von den nördlichen Kordilleren abirrt, wird das Karaibische Meer noch weiter zerteilt.

Der zentrale Teil der Anden streicht somit gar nicht über die Kleinen Antillen nach Haiti hinüber, sondern endet auf dem Zwischengebirge des Karaibischen Meeres, und nur die Randketten der Anden ziehen beidseits desselben weiter. Und zwar die inneren östlichen Kordilleren über Trinidad in den Ozean, die äußeren westlichen über Panama und den Roncadorrücken direkt nach **Haiti**. Dort aber schwenken diese westlichsten Züge der Anden nicht etwa bogenförmig in die nordamerikanischen Gebirge um, sondern sie scharen sich mit den Kordilleren der Großen Antillen in äußerst spitzem Winkel und streben mit denselben dem Antillengraben entlang ostwärts Europa zu. **Die westlichsten Ketten der Anden lösen sich somit auf Haiti von den mediterranen Ketten in großartiger Virgation ab**, und sie erreichen in einem gegen Westen gerichteten Bogen durch den Roncadorrücken und das östliche Panama die eigentlichen Anden Südamerikas. Dieser „Panamabogen“ ist das gerade Gegenteil des Antillenbogens. Er bringt die äußersten Andenketten in spitzwinkliger Scharung in den mediterranen Kettenzug hinein, er verbindet die Anden aufs innigste mit den Gebirgen des Mittelmeeres, während der Antillenbogen diesen ganzen schon durch die Faziesverhältnisse eindringlich demonstrierten Zusammenhang zerreißt.

Im Panamabogen schwenken die westlichsten Andenkulissen aus dem mediterranen Kettenstrang nach Süden zu ab, im dazu weitgehend parallelen Venezuelabogen tun dies die östlichen Hauptketten. Die auffallende Konformität dieser beiden Bogen ist als eine weitere Stütze unserer Auffassung anzusehen. Dazwischen erheben sich aus dem karaibischen Zwischengebirge gegen die große Scharung von Kolumbien und Ecuador hin die mittleren Kulissen der Anden empor. Im Winkel zwischen nord- und südamerikanischen Gebirgen endlich erscheint das merkwürdige Fragment **Nicaraguas, Costaricas** und Panamas. Kreide und Tertiär liegen direkt, oft gefaltet, oft flach, auf älterem Grundgebirge. Das ganze ist überschüttet mit den Aschen und Laven der zahlreichen jungen Vulkane. Die Falten dieses zwischen die südlichen und nördlichen Zweige des mediterranen Systems eingeklemmten Keiles streichen in der Gegend des Nicaraguasees in der Richtung der nordamerikanischen Ketten, weiter südlich scheinen dieselben gegen Westen, Südwesten und Süden auseinanderzutreten. Auf jeden Fall strahlen aus dem Winkel zwischen Roncadorrücken und den Ketten von Honduras — Guatemala alle Elemente Zentralamerikas gegen den

Pazifik hin auseinander. Und zwar genau wie im Osten am Karaibischen Meer die Randketten überaus kräftig, die zentralen Elemente weniger entschieden.

Es fügen sich somit sämtliche Tatsachen des mittelamerikanischen Baues zwanglos in die neue Auffassung ein. Der Antillenbogen existiert nicht, dafür aber **schwenken die westlichen Andenkulissen auf Haiti in die Ketten der Großen Antillen ein** und ziehen mit denselben, wie im Süden die inneren Kulissen auf Trinidad, **nach Osten in den Atlantischen Ozean hinaus.**

Auf diese Weise stürzt mit dem Fall des berühmten Antillenbogens die ganze bisher angenommene Verbindung zwischen Süd- und Nordamerika in sich zusammen, sie existiert in Wirklichkeit nicht. Nord- und südamerikanische Ketten sind nicht eine geschlossene Einheit, ein amerikanisches Sondergebirge, das den Gebirgen der Alten Welt fremd gegenübersteht, sondern nord- und südamerikanische Gebirge erscheinen heute nur noch als verschiedene Zweige des großen mediterranen Kettensystems der Alten Welt. Nord- und südamerikanische Anden gehen auf den Antillen nicht in geschlossenem Bogen ineinander über, sondern sie schwenken dort, von Norden und von Süden her, in spitzen Winkeln in die große mediterrane Kettenschar der alpinen Gebirge Europas ein, in der sie sich zu einem einzigen gewaltigen Kettenzuge scharen.

Damit aber erkennen wir hier, am Westende des mediterranen Kettensystems, angesichts des östlichen Pazifik, dasselbe grandiose Bild des Auseinandertretens der mediterranen Kettenstränge nach Nord und Süd, wie an seinem Ostende in der Molukkensee. **Der geschlossene mediterrane Kettenzug der alpinen Gebirge Eurasiens teilt sich auch am Westende der großen Kontinentalblöcke Eurasia-Laurentias und Gondwanas, in Amerika, vor dem Stillen Ozean in zwei gewaltige freie Äste, die südamerikanischen Anden** einerseits, die jungen Gebirge Nordamerikas andererseits. Die amerikanischen Gebirge scharen sich auf den Antillen genau so zum großen eurasiatischen Gesamtsystem, wie im Osten die ostasiatischen und australischen Zweige in den Molukken dies tun. Der Alpenzug Eurasiens hingegen tritt beidseits in gewaltiger Virgation auseinander, im Westen zu den Ketten Amerikas, im Osten zu den Gebirgen Ostasiens und Australiens.

Dieses Auseinandertreten, diese **Virgation der mediterranen Ketten** an den beiden Enden der großen Kontinentalblöcke Gondwanas und Eurasiens, **beidseits des Stillen Ozeans**, ist von prinzipieller Bedeutung für den Bau der Erde und dessen Verständnis. Der Gegensatz der Alten und der Neuen Welt verschwindet. Die große meridionale Gliederung Amerikas, die den ostwestlichen Leitlinien der Alten Welt bisher in fundamentalem und unverständlichem Gegensatz gegen-

überstand, ist nur eine scheinbar unabhängige und primäre Erscheinung im Antlitz unserer Erde, sie wird heute zu einem naturnotwendigen Fragment der großen Gliederung der Alten Welt; im besonderen aber zu einem wundervollen Gegenstück zum Bau des östlichen Asiens und Australiens.

Die Gebirge Amerikas sind damit ebensogut direkte Ausläufer des mediterranen Kettensystems wie die Gebirge Ostasiens und Australiens. Wir finden in ihnen auch eine ganz ähnliche Gliederung wieder, und der Baustil dieser Ketten ist im Grunde genommen ganz derselbe geblieben wie in den Gebirgen Eurasiens. Auch hier beherrschen mächtige Zwischengebirge den ganzen Verlauf der jungen Ketten, auch hier begleiten ausgedehnte kontinentale Randgebirge in langen „Vorlandkordillernen“ ein alpinen, deutlich geosynklinales Zentralorogen. Die Verhältnisse sind ja soweit bekannt. Im Norden folgen wir den wahrhaft großartigen Forschungsergebnissen unserer nordamerikanischen Kollegen und der Darstellung von SUESS, im Süden haben vor allem die klassischen Untersuchungen STEINMANNs in den peruanisch-bolivianischen Anden, die Arbeiten STILLES in Kolumbien, GERTHS, KEIDELS und SCHILLERS in Argentinien und Chile, die Forschungen QUENSELS in Patagonien und NORDENSKIÖLDs in der Antarktis den Weg für die weitere Erkenntnis der großen Zusammenhänge geebnet. Ich brauche daher nur kurz auf den Grundplan der amerikanischen Gebirge einzugehen und darf für alles Detail dankbar auf die direkten Quellen verweisen.

Das geosynklinale Stammorogen ist, wie in Ostasien oder Australien, auch in Amerika auf die pazifische Seite der Kettenschar beschränkt, — das muß ja nun infolge der zentralamerikanischen Virgation der mediterranen Ketten geradezu so sein —, weiter landeinwärts folgen mächtige „Vorlandgebirge“. Dazwischen schalten sich über große Strecken starre Zwischenmassive ein, die an Größe und Eindruckskraft kaum hinter den asiatischen zurückbleiben.

Der ganze Westen **Nordamerikas** zeigt diese typisch alpine Struktur Eurasiens in ausgezeichneter Weise. Eine Großgliederung in Coast-Ranges, Interiorplateaus und östliche Kordillernen läßt sich überall erkennen, vom äußersten Norden in Alaska bis hinab nach Mexiko. Zunächst durchzieht das System der **Rocky Mountains** als stark deformierter Westrand des nordamerikanischen Kontinentalblockes, als mächtige Deformation Laurentias selber, gewissermaßen als ein „Vorlandgebirge“ Laurentias, den ganzen Kontinent in beinahe einheitlicher Front, vom Mackenzie und der Beringstraße bis hinab nach Texas und Mexiko. Die Nordausläufer dieses gewaltigen Zuges erreichen das Rumanzoffgebirge in Alaska, die südlichen Zweige stehen durch die Ketten von Westtexas mit der östlichen Sierra Mexikos in

Verbindung. Die nördlichen Äste strahlen in Alaska, die südlichen am Koloradoplateau in großer Virgation auseinander. Dazwischen schaltet sich im Norden das Zwischengebirge des eigentlichen Alaska ein, das die ganze Küste der Beringstraße von der Bristolbay bis zum Eismeer hinauf umfaßt, im Süden das Coloradoplateau mit seiner Fortsetzung in die zentralmexikanischen Bolsones. Das Zwischengebirge von Alaska teilt die Rocky Mountains in die Ketten der Alaska-Range und des Rumanzoffgebirges; das Coloradoplateau trennt dieselben in die Ketten der Front-Ranges bei Denver und die Wasatch-Mountains des Westens. Die ersteren setzen über Texas in die Sierra Madre oriental, die letzteren, zusammen mit westlicheren Elementen, in die Sierra Madre occidental von Mexiko fort. **Colorado-plateau** und **Alaska** treiben so als steife Massen die „Vorlandgebirge“ Laurentias entzwei, sie nehmen damit, verglichen mit Asien, etwa die Stellung der sinischen Masse oder noch eher der Gobi ein.

Innerhalb dieser östlichen Hauptgebirge der nordamerikanischen Kordilleren folgt gegen Westen eine mächtige Region von **Zwischengebirgen**, die den eigentlichen Block Laurentias, zu dem die Rocky Mountains in ihrer Gesamtheit als alpin deformierte Randzonen noch gehören, vom geosynklinalen Zentralorogen trennen. Diese Zone von wirklichen Zwischengebirgen beginnt in Alaska mit den Wrangelbergen und zieht von dort durch Britisch-Kolumbia hinunter bis in die Cascade-Ranges, das Idahoplateau, die Sierra Nevada und das Great Basin. Die Sierra Nevada erscheint in der Fortsetzung der kanadischen Coast-Ranges. Aber während diese inneren Gebirgszüge des nordamerikanischen Westens oben in Kanada recht nahe an das System der Rocky Mountains herantreten, werden sie östlich San Francisco in der Sierra Nevada durch das Great Basin auf gegen 800 km von denselben getrennt. Erst wo im Süden unter dem kettenzerteilenden Einfluß des Coloradoplateaus die westlichen Elemente der Rocky Mountains im Wasatchgebirge weit nach Westen gedrängt werden, da nähert sich auch die Sierra Nevada wieder mehr den großen östlichen „Vorlandgebirgen“ Laurentias, und spitzt schließlich im südlichen Arizona und im nördlichen Mexiko das Zwischengebirge des Great Basin zwischen den westlichen Rockies und den Nevada-Ranges aus. Die beiden Gebirgssysteme ziehen nun vereinigt in der Sierra Madre occidental durch Westmexiko hinab. Auf dem „Plateau von Mexiko“ selber scharen sich dann endlich auch die östlichen Ausläufer der Rocky Mountains in der Sierra Madre oriental mit den vereinigten westlichen Ketten, und der zwischenliegende südlichste Winkel des sonst so starren Coloradoplateaus wird dabei zu einem mächtigen Faltenlande zusammengeschoben. Im Gebiete von Chiapas erlöschen dann

diese östlichen Randgebirge Nordamerikas mehr und mehr, und nur die westlicheren inneren Ketten des nordamerikanischen Orogens setzen ohne Zweifel in die Großen Antillen fort.

Die eigentlichen **Geosynklinalketten** der Tethys ziehen von den Großen Antillen durch Guatemala und den Isthmus von Tehuantepec in die Sierra Madre de Sur von Mexiko, durch dieselbe hinauf zum Kap Corrientes und hinüber nach Nieder-Kalifornien. Der Golf von Kalifornien könnte ein Zwischengebirge beherbergen, das sich zwischen die Elemente der Sierra Nevada und die kalifornischen Randketten einschiebt. Dieselben erreichen über Los Angeles und San Francisco das Klamathgebirge und ziehen dort vor den Cascade-Ranges hinaus ins Meer. Ihre Äquivalente erscheinen erst hoch im Norden im Eliasgebirge Alaskas wieder, das schließlich im Kenai-gebirge gegen die Aleuten hin ausklingt.

Die **Bewegung der nordamerikanischen Ketten** geht, von Nordstößen auf den Antillen und zum Teil in Mexiko, von Südstößen in Alaska, Südkalifornien und Mexiko abgesehen, im Gegensatz zu Ostasien **allgemein gegen Westen**. Das zeigt am klarsten der zentrale Sektor der nordamerikanischen Kordilleren, etwa das Profil Denver—San Francisco. Alle Steilseiten der Falten und Bruchschollen sind hier nach Westen gekehrt. Vor dem mächtigen Zwischengebirge des Great Basin ist hier der laurentische Kontinentalkoloß gewissermaßen zurückgeschreckt, er hat dasselbe weit weniger an seiner Ostfront als vielmehr an seinen beiden Flanken zu überwältigen gesucht. **So sehen wir den Block Laurentias im Norden und im Süden des Great Basin in breiter Front als gewaltiges Rückland der nordamerikanischen Ketten scharf gegen Westen vorrücken**, während das gleiche Laurentia hinter dem zentralen Great Basin weit stärker zurückbleibt. So steigen in diesem zentralen Sektor die Rocky Mountains nur in den steilen Schichtplatten der „Hog-backs“ unter der östlichen Ebene hervor, jede Überkippung der Ketten fehlt, und wir stehen daher hier im wirklichen wahren Rücken des Orogens wie etwa am Südrand der Schweizer Alpen oder des Hohen Atlas. Wo aber im Norden und im Süden dieses zentralen Sektors der östliche Block weiter gegen Westen vordringen kann, da wird die östlichste Kulisse der Rockies weitgehend unterfahren und die Rockies „überschieben“ in mächtigen Schuppen und großartiger **Rückfaltung** das östliche Rückland. So ist es im Norden, von Montana bis hinauf zum Mackenzie, und so sehen wir auch im Süden die Sierra Madre oriental weitgehend unterfahren vom östlichen Kontinentalblock. Hoch oben im alaskischen Norden unterschiebt derselbe das Rumanzoffgebirge. Es wiederholt sich so hier in Amerika spiegelbildlich genau die Struktur Ostasiens etwa im Raume von Japan, Korea und Sichota-Alin. Das geosynklinale Hauptorogen ist gegen den

Stillen Ozean hin bewegt, die gegen den Kontinent hin folgenden inneren Ketten jedoch sind gegen den Kontinentalblock hin rückgefaltet. Im einzelnen aber wechselt die lokale Bewegungsrichtung je nach Kraft und Höhenlage der betreffenden Schollen in diesem weiten Gebiete wohl vieldutzendfach.

Im großen ganzen ist Nordamerika das Spiegelbild Ostasiens und geht die große Bewegung gegen Süd und West. Von der großen Scharung aller Elemente im Süden, am Golf von Mexiko, strahlen dabei die Ketten mehr und mehr auseinander, bis sie schließlich an der großen Virgation von Alaska in breiter Front definitiv auseinandertreten und in einzelnen Kulissen erlöschen. Deren längste bildet die Inselreihen der Aleuten.

Die alpinen Bewegungen Nordamerikas sind aber keineswegs nur auf den Westen des Kontinentes allein beschränkt. Wohl beherbergt dieser nordamerikanische Westen weitaus den überwiegenden Hauptteil der jungen, alpinen Gebirge, aber daneben ziehen alpine Elemente in mächtigen neubelebten Ketten mit weit älterer Struktur auch weit in die nordöstlichen Küstengebiete der Union bis nach Neufundland hinauf. Das ist der alpin neubelebte Zug der **Appalachen**. Derselbe zeigt wie bekannt in der sog. Newark-Serie stellenweise noch disloziertes Rhät, in den Ouachita-Mountains in Arkansas sogar noch jüngere dislozierte Schichten des Mesozoikums. Wir haben daher in diesem Zuge der Appalachen trotz der wundervoll konservierten alten, herzynischen Hauptstruktur dieser Ketten unbedingt auch ein noch alpin disloziertes Gebirge zu sehen, das sehr wohl mit eurasiatischen „Vorlandgebirgen“ verglichen werden kann.

Dieses appalachische „Vorlandgebirge“ erscheint erstmals in den Wichita-Mountains zwischen Texas und Oklahoma, kaum 600 km vom Rande der Rocky Mountains südlich der Spanish Peaks entfernt. Von da ziehen die Ketten der Appalachen durch die Arbuckle- und Ouachita-Mountains mit Ostwestrichtung gegen den Mississippi. Nach einem Unterbruch von kaum 500 km setzen dann in Alabama diese Ketten in geschlossenen Zügen wieder ein und bilden nun durch ganz Ostamerika hinauf bis nach Neufundland die eigentlichen Appalachen. Es scheint so dieses alpine Appalachensystem sich nördlich des Llano Estacado vom großen Hauptstamm der Rocky Mountains abzulösen, und die alpinen Gebirge des amerikanischen Westens scheinen auf solche Art einen selbständigen Vorlandgebirgsast in großem Bogen um den kanadischen Schild herum nach Neufundland hinauf zu entsenden. Dabei schiebt sich zwischen das neubelebte Appalachensystem und die mexikanisch-kubanischen Ketten samt den Großen Antillen wie ein riesiger Keil von der Art der russischen Tafel ein mächtiges Zwischengebirge ein, das in erster Linie den

Llano Estacado, die Mississippiniederungen, Florida und den Golf von Mexiko umfaßt. Schon SUESS hat den Llano Estacado mit dem Plateau von Ust-Urt verglichen. Wir werden aber weiter sehen, daß diese südlichen Randgebiete der Union nur ein ganz kleiner Teil eines ganz ungeheuren Zwischenmassives sind, das große Teile des Atlantischen Ozeans, vor allem die ganze Bermudas-Sargasso-See einnimmt. Diese Bermudas-Sargasso-See bildet mit Florida, dem Golf von Mexiko, den Mississippiniederungen und Texas samt dem Llano Estacado eine gewaltige Einheit, die als steife Masse sich zwischen die Ketten der Appalachen und die alpinen Hauptkordilleren des amerikanischen Westens einschiebt und dieselben über ungeheure Strecken trennt. Weitere Zusammenhänge mit Europa werden sich dabei im nächsten Kapitel noch ergeben.

Vorderhand aber verfolgen wir die alpinen Gebirge in Amerika weiter und betrachten nun noch in aller Kürze den Bau **Südamerikas**. Südamerika ist das westliche Gegenstück Australiens. Auch hier nehmen, wie in Australien, die Geosynklinalketten eher den Außenrand der Kordilleren ein und sind die inneren Gebirge große Rücklandfalten Gondwanas. Auch hier beherrschen große Zwischengebirge den Verlauf der jungen Ketten wie in Nordamerika, in Australien oder in Eurasien, aber der ganze Bau ist doch viel einfacher als irgend einer der Erde.

Während das östliche Gegenstück der südamerikanischen Gebirge drüben in Ozeanien sich weitgehend gegen den Ozean hin zersplittert, herrscht hier im Westen eine merkwürdige Geschlossenheit. Denselben Gegensatz des Baues, d. h. eine viel strengere Raffung der Ketten, können wir auch in Nordamerika gegenüber dem östlichen Asien erkennen. Das alpine Orogen der Neuen Welt ist viel geschlossener als das Ostasiens oder Australiens. Das ist ein überaus wichtiger amerikanischer Charakterzug.

Die Hauptkette der südamerikanischen **Anden** entsteht an der großen Scharung der kolumbianischen Gebirge an der Grenze Kolumbiens gegen Ecuador. Durch ganz Ecuador hindurch sind dann die andinen Ketten eng gerafft, desgleichen durch einen großen Teil von Peru. Aber schon am Austritt des Marañon aus dem Gebirge hebt sich östlich der eigentlichen zentralen Andenkette in der Cordillera Oriental Perus eine erste Kulisse der mächtigen kontinentalen Randgebirge der Brasilischen Masse heraus, die von der Höhe von Lima an bis hinab nach Argentinien die zentralen Anden in hohen Ketten begleiten. Dieselben erlangen ihre Hauptentwicklung in der sog. Cordillera Real Boliviens. Zwischen diese Cordillera Real einerseits, die Cordillera de los Andes und das Küstengebirge andererseits schiebt sich in Südperu und Bolivien ein weites Zwischengebirge.

Dasselbe beherbergt die großen Seen und reicht südwärts bis in die Puna de Atacama hinab. Um dieses Zwischengebirge winden sich die jungen Ketten herum wie in Asien und Nordamerika. So tritt die Cordillera Real von La Paz über Cochabamba weit gegen Osten vor, sie umschlingt in gewaltiger Beugung das Zwischengebirge im Osten. Die zentralen Teile der nördlichen Anden hingegen laufen quasi in dieses Zwischengebirge hinein. Westlich davon ziehen die eigentlichen Cordilleras de la Costa dem Westrand des Zwischengebirges entlang und bauen nun, zusammen mit den dem Südende des bolivianischen Zwischenmassivs wieder neu entspringenden Ketten der zentralen Anden, die argentinisch-chilenische Hauptkordillere auf. Dabei öffnen sich hier im Süden die einzelnen Ketten mehr und mehr, indem die östlichen Äste in großer Virgation gen Südosten ausstrahlen. So erreicht das System der bolivianischen Cordillera Real durch die argentinischen Präkordilleren von Córdoba die Sierra Ventana und das Kap Corriente südlich von Buenos-Aires, und so strahlen südlich des Aconcagua auch die eigentlich andinen Ketten gegen Patagonien hin immer mehr auseinander. Die Hauptkette jedoch erreicht durch Patagonien mit scheinbar immer einfacherem Bau die Magellans-Straße, Feuerland, Kap Hoorn und Staten Island, und endlich tauchen auf Grahamland diese südlichsten andinen Ketten als die sog. Antarktanden im polaren Eise wieder auf.

Die **Bewegung der Ketten Südamerikas** geht im Norden deutlich vom Brasilischen Blocke weg, derselbe treibt die Ketten Venezuelas und Kolumbias in großem Bogen gegen Nordwesten vor. Wir stehen hier somit noch vor einer normalen **Vorfaltung Gondwanas**. Südlich Ecuador aber ändert sich das Bild. Da treten, wie in Nordamerika die Rocky Mountains, auch die Anden über ihr östliches Rückland vor, und von vielen Orten wird das Aufschieben der östlichen Randketten über die brasilische Masse beschrieben. Die Anden sind hier in **Rückfaltung gegen den brasilischen Block** begriffen, der westliche Teil Gondwanas unterschiebt sein Randgebirge. Weiter im Süden wird die Ostbewegung auch in den zentralen Ketten der eigentlichen Anden stärker und führt, beispielsweise um den Aconcagua herum, zu beträchtlichen Überschiebungen mit eigentlichen gegen Osten getriebenen Decken. In den mittleren Abschnitten der Anden jedoch, etwa in Peru und Bolivien, erkennen wir ein eigentümlich schwankendes Verhalten der Falten, dieselben wissen oft gar nicht, auf welche Seite sie sich überlegen möchten. Diese Unentschlossenheit der andinen Ketten in Peru und Bolivien, wie sie unter anderem auf den Profilen STEINMANN'S in aller Deutlichkeit zum Ausdruck kommt, steht im ganzen alpinen Orogen fast einzig da. Nur das symmetrisch dazu gelegene ostaustralische Kettensystem zeigt hie und da etwas Ähnliches.

Als Ganzes in seinem Grundriß betrachtet, zerfällt das Gebirge Südamerikas deutlich in zwei verschiedene Abschnitte, die durch die große Beugung der Ketten in Bolivien zwischen Arica und Cochabamba getrennt sind. Ein mächtiger Block im Pazifik hält in diesem Raume die andine Bewegung in Bann, dieselbe wird zum Umließen dieses Blockes gezwungen. Im Norden desselben vermag Gondwana die Anden mehr und mehr normal gegen außen vorzuschieben, im Bogen Titicaca — Venezuela — Trinidad; im Süden jedoch war entweder Gondwana zu schwach oder der im Pazifik begrabene starre Block zu stark, um eine ähnliche Vorfaltung von Gondwana weg zuzulassen. Die große andine Beugung am Golf von Arica trennt daher zwei ganz verschiedene Segmente des andinen Gebirges, den **vorgefalteten** Norden vom **rückgefalteten** Süden. Auf jeden Fall aber beherrscht die südamerikanischen Anden ein ganz anderes komplizierteres Bildungsgesetz als die von WEGENER und auch ARGAND angenommene einfache Westdrift.

Es bleibt das letzte, südlichste Stück alpin bewegter Ketten der Erde zu betrachten, jenes andine Fragment, das in die **Antarktis** zieht.

Da begegnen wir zum zweiten Mal der Auffassung, daß die pazifischen Ketten der Anden in einem mächtigen nach Osten schauenden Bogen in den Bereich des Atlantik eingetreten seien. Dieselben sollen durch einen zweiten „Antillenbogen“ in einer gewaltigen Schleife von den Patagonischen Gebirgen zu den Ketten des Grahamlandes hinüberziehen. Die pazifischen Ketten sollten in diesem **Südantillenbogen** an die 3000 km nach Osten vordringen. Dabei beträgt die heutige Distanz zwischen Kap Hoorn und der Nordspitze von Grahamland kaum 1000 km. Die pazifischen Ketten müßten dabei förmlich plastisch in den engen Raum zwischen Antarktis und der patagonischen Meseta hineingezwängt worden sein.

Diese Auffassung, die wohl von SUESS diskutiert, aber nur mit sehr großer Reserve übernommen worden ist, scheint so wenig haltbar wie der Bogen der nördlichen eigentlichen Antillen. Schon WEGENER hat diesen südlichen Antillenbogen unverständlich gefunden ohne die Annahme weitgehender sekundärer Modifikationen desselben im Gefolge der von ihm überaus stark eingeschätzten Westdrift Südamerikas. Die so enge Schleife zwischen Grahamland, Orkney-Sandwich-Inseln, Süd-Georgia und Feuerland ist nach ihm in der Weise entstanden, daß ein ursprünglich viel offenerer Bogen durch das Westwärtsrücken Südamerikas weitgehend deformiert, an der Südflanke Südamerikas quasi nach Westen vorwärtsgeschleift und dabei mächtig ausgezogen wurde. Auch ARGAND scheint sich dieser Auffassung anzuschließen, da auch er ja ganz Amerika sehr bedeutend nach Westen driften läßt.

Die Erfahrungen in den nördlichen, eigentlichen Antillen lassen aber daneben die Vermutung aufsteigen, es könnte auch dieser „Bogen“ nur eine Täuschung sein, und die tatsächlichen Verhältnisse zwischen Grahamland und Kap Hoorn, wie sie KÜHN vor allem zusammengestellt hat, scheinen dieser Vermutung wirklich recht zu geben.

Zunächst geht aus dem bisher Bekannten hervor, daß zu diesem Süd-Antillenbogen die allerverschiedensten Elemente zusammengefügt sind. Die Antarktanden sind schwach gefaltete Gebirge postjurassischen, vielleicht postkretazischen Alters, sie allein kommen im Grunde genommen als südliche Fortsetzung der Anden in Betracht, sie allein auch führen die andinen Eruptivgesteine, und sie allein auch die pflanzenführenden jurassischen Serien der südlichen Anden. Aber schon die Powell-Inseln sind völlig unbekannt. Die Orkaden enthüllen ein altes, gen Northwest, also völlig quer auf den supponierten Bogen streichendes wohl kaledonisches Bruchstück, die Sandwich-Inseln sind rein vulkanisch, desgleichen die große Burdwoodbank. Südgeorgien zeigt zwar postjurassische Faltung, doch streicht dieselbe unentwegt gegen Nordwesten und weist auch die marine Fazies des dortigen Jura nicht auf die patagonischen Anden, sondern die argentinischen Präkordilleren hin. Daß zwischen dem Süden der Anden auf Staten-Island, der Burdwoodbank und Südgeorgien zudem keine direkte submarine Verbindung existiert, darauf hat schon SUESS hingewiesen.

Was alle diese weit voneinander entfernten Bruchstücke — Südgeorgien liegt „nur“ etwa 1500 km östlich Staten Island — zunächst zu einem einheitlichen Bogen zusammenzufügen schien, war einzig der auf den älteren Tiefseekarten in Erscheinung tretende, alle diese verlorenen Fragmente verbindende submarine Rücken, der damit als deren gemeinsamer Sockel erschien. Aber die neueren Tiefsee-Aufnahmen haben dieses einheitliche Bild zerstört, und von einem einheitlichen Sockel des Südantillen-Bogens kann keine Rede sein. Derselbe ist weitgehend, und bis zu großen Tiefen zerstückelt, und die Burdwoodbank beispielsweise streicht keineswegs gegen Südgeorgien, sondern nach Südost direkt gegen die Orkaden. Der südliche Antillenbogen kann daher, genau wie der nördliche, nicht aufrecht erhalten bleiben.

Die **Verbindung der südamerikanischen Anden mit der Antarktis** läuft, wenn sie überhaupt noch vorhanden und nicht zerrissen ist, von Kap Hoorn durch die Drake-Straße direkt zu den Shetlands- resp. den Powell-Inseln hinüber. Der Anden-Hauptzug mit den Granodioriten zieht ohnehin nicht über Staten-Island nach Osten, sondern streicht über Kap Hoorn direkt gen Südosten auf Powell zu. Die Kette von Staten-Islands ist einfach ein östlich abirrender Seitenast der Anden, genau wie solche auch weiter im Norden in Argentinien und Patagonien sich dokumentieren. Die andine Kette strahlt eben im

Süden allgemein in mehrere Zweige auseinander. Auf Grahamland sind nur Spuren des westlichen Hauptzuges vorhanden, und der östlich abgeirrte Ast von Staten-Islands ist vollständig verloren gegangen. Es ist nun möglich, daß der Andenzug des Kap Hoorn in sehr offenem Bogen östlich der Powell-Inseln mit den Antarktanden des Grahamlandes sich zusammenschließt, aber es ist ebensowohl möglich, daß diese Verbindung vollständig abgerissen ist, und die Antarktanden nur ein den Anden analoges, im übrigen aber selbständiges Gebirge sind.

Auf jeden Fall aber **biegen die Anden Südamerikas nicht durch einen südlichen Antillenbogen in die Antarktis ein**, und zeigt uns der überaus **einfache Bau der Antarktanden** wie der der **patagonischen Anden ein allmähliches Ausklingen der großen alpinen Bewegungen**. Ein nahes freies Ende dieser letzten südwestlichsten Zweige des Alpensystems ist hier damit in ausgezeichneter Weise dokumentiert.

Damit sind, in aller Kürze nur, auch die alpinen Leitlinien der Neuen Welt skizziert. Die alpinen Gebirge Amerikas bilden keine Welt für sich, sondern sie erscheinen als ein Teilstück des großen eurasiatischen Gesamtorogens. **Die alpinen Gebirge Amerikas trennen sich auf den Antillen in großartiger Virgation vom geschlossenen mediterranen Kettenzug Eurasiens ab**, sie strahlen von da längs den westlichen Flanken Laurentias und Gondwanas nach Norden und nach Süden in langen Sonderästen auseinander. Im Süden erreichen sie die Antarktis, im Norden Alaska und die Aleuten. Dabei nehmen die tektonischen Komplikationen allmählich ab und nähert sich das Gebirge mehr und mehr seinen freien Enden. Die Virgation der Molukken wiederholt sich in Amerika in noch gewaltigerem Maßstabe auf den Antillen.

Damit wird Amerika das direkte Gegenstück zu Ostasien und Australien, es erscheint nur mehr als ein naturnotwendiges, ganz gesetzmäßig bedingtes Bruchstück der großen Gesamtgliederung der alpinen Gebirge der Erde, und die alpinen Leitlinien unseres Planeten fügen sich damit zu einem grandios und überraschend einfachen Gesamtbilde zusammen.

Noch aber bleibt, bevor wir diese Besprechung der alpinen Leitlinien der Erde abschließen und dieselben in ihrem großen Zusammenhang betrachten, ein merkwürdiges Glied alpinen Baues zu erwähnen, das sind die jung deformierten **Ketten der Arktis**.

Drei Fragmente junger arktischer Ketten sind uns bekannt. Das größte derselben liegt im Norden Nordamerikas, das ist die sog. Vereintstaatenkette. Dieselbe zieht vom nördlichsten Grönland über Grantland gen Südwesten, und eine weitere sichere Fortsetzung ist nicht

bekannt. Das zweite alpine Bruchstück der Arktis liegt im Norden Europas auf Spitzbergen. Das ist der bestbekannte Teil der arktischen Ketten. Ein drittes Anzeichen einer alpinen Kette findet sich endlich im Norden des äußersten Sibiriens, das sind die Neusibirischen Inseln.

Ob diese im Eise der Arktis verlorenen Fragmente sich je zu einem einheitlichen Kettenzuge zusammenfügen lassen, bleibt heute noch ungewiß. Wenn sie aber wirklich isolierte Glieder einer höheren Einheit sind, so dürfen wir dieselbe am ehesten zu einem eigenen Gebirgssystem zusammenfügen, das in einem großen Bogen von Grantland über Spitzbergen zu den Neusibirischen Inseln den großen Nordkontinent der Erde, Eurasia-Laurentia, im Norden umspannt. Auf jeden Fall fügen sich diese arktischen Fragmente zu einer Einheit zusammen, die wie das mediterrane System im großen ganzen äquatorial verläuft, und die in auffallender Weise gerade diesem mediterranen Kettensystem gewissermaßen nördlich vorgelagert erscheint. Es wäre daher vielleicht möglich, die alpinen Fragmente der Arktis als Reste eines mächtigen alpinen Vorlandgebirges zu deuten, das das mediterrane System hoch im Norden begleitet. Der Dislokationstypus dieser Gebirgsreste ist weit eher der einfache starrerere Vorlandketten, und es wäre eine Übertreibung dieser alpinen Bewegungen der Arktis sondergleichen, wenn man diese arktischen Ketten etwa dem mediterranen oder dem andinen System gewissermaßen als gleichwertig gegenübersetzen wollte. Diese arktischen Bewegungen erscheinen vielmehr nur als schwache Contrecoups im Vorland des großen mediterranen Kettensystems, das alle wahrhaft alpinen Gebirge zu einem einzigen Hauptstrang sammelt. Die arktische Kette erscheint daneben nur als ein neues Detail im nördlichen Vorland des mediterranen Gürtels, ein Ornament, das vorderhand auf der Südhalbkugel ohne Analogon bleibt.

Man wird dieser Auffassung vielleicht entgegenhalten, daß in Spitzbergen die alpinen Linien meridional streichen und eine wahre arktische Einheit darum überhaupt nicht bestehen könne. Aber es sei darauf aufmerksam gemacht, daß einerseits gerade im spitzbergischen Nordostland das Nord-Südstreichen der Hauptinsel wiederum einer ausgesprochenen Ost-Westrichtung Platz macht, und daß andererseits in den arktischen Meeren so gut wie anderswo auf der Erde ausgedehnte Zwischenmassive den Verlauf der einzelnen Ketten im Detail enorm beeinflussen und verdrehen können. Darum können wir auch auf Spitzbergen größere Abweichungen im Streichen erwarten und ruhig hinnehmen.

Das für den alpinen Bau der Erde wichtige Forschungsergebnis in den arktischen Meeren ist nicht in erster Linie die Feststellung eines alpinen Gebirgszuges, sondern die Feststellung, daß diese alpin defor-

mierten und weit verstreuten Fragmente der Arktis nur eine äußerst schwache alpine Bewegung zeigen und damit gegenüber dem großen alpinen Hauptstrang der Erde nur als ein unbedeutendes Ornament in dessen nördlichem Vorlande erscheinen.

Damit schließen wir unsere Analyse der alpinen Gebirge der Erde ab und betrachten nun dieselben einmal in ihrem großen Zusammenhang. Wir versuchen nun das im vergangenen Kapitel allmählich gewonnene Gesamtbild vor allem als ein Ganzes zu überblicken, um auf diese Weise auch dessen eigentliche Entstehung etwas näher zu ergründen.

II. Das Gesamtbild der jungen Gebirge der Erde und der alpine Bewegungsmechanismus

Da schält sich ein monumentaler Grundzug sofort heraus: die großen alpinen Gebirge der Erde liegen nicht einfach chaotisch und gesetzlos im Raum, sondern sie sind nach einem ganz bestimmten Plane zu einem absolut einheitlichen und streng gesetzmäßigen System verbunden. Die jungen Ketten der Erde fügen sich zu einem großen Gesamtmechanismus zusammen, der im Verlauf der alpinen Leitlinien in aller Schärfe hervortritt. Es gibt neben dem mediterranen Hauptorogen Eurasiens keine amerikanischen, ostasiatischen oder australischen Sondersysteme mehr, sondern die Gesamtheit der jungen alpinen Ketten der Erde fügt sich zu einem gigantischen wohlgeschlossenen Bauwerk zusammen, das den ganzen Erdball umspannt. Die Entstehung der südamerikanischen Anden steht in sichtlichem Zusammenhang mit der Türmung der alpinen Gebirge Europas, und die Bildung der neuseeländischen oder der ortsibirischen, ja selbst der arktischen Gebirge entspringt demselben einheitlichen Bewegungsmechanismus. Es gibt kein mediterranes Gebirgssystem mehr, das den amerikanischen oder ostasiatischen Gebirgen, oder gar den altberühmten „zirkumpazifischen Ketten“ als etwas Fremdartiges, gewissermaßen als ein merkwürdiger Sonderfall irdischer Orogenese gegenübersteht, sondern zirkumpazifische Ketten und mediterrane Gebirge der Erde fügen sich zu einer großartigen Einheit, dem **alpinen System der Erde**, zusammen.

Überblicken wir nun einmal dieses alpine Gesamtsystem der Erde zunächst nur in seiner **räumlichen Anordnung**, so erkennen wir folgendes:

Der Zug der jungen alpinen Gebirge der Erde umspannt als eine gewaltige Leitlinie erster Ordnung den ganzen Erdball. Drei große

Segmente mit zwei verschiedenen Orogentypen treten deutlich hervor. Das große Mittelstück des Ganzen bilden die **mediterranen Ketten** zwischen den Antillen und der Bandasee, hoch im Norden begleitet von den Vorlandgebirgen der Arktis. Das westliche Segment beherbergt die **Gebirge Amerikas**, das östliche die **Ketten Ostasiens** und **Australiens**. Eine fundamentale Erscheinung aber beherrscht dieses alpine Gesamtbild der Erde und hebt das Zentralstück der mediterranen Ketten gegenüber den beiden seitlichen Abschnitten sofort als etwas Besonderes heraus: das ist die enge Raffung aller wirklich alpinen Gebirge in diesem Raum. Im Westen und im Osten treten dieselben über ungeheure Räume auseinander.



Fig. 25. Das alpine System der Erde. (Nach R. STAUB, 1927.)

Betrachten wir diese großartige Dreiteilung des alpinen Gesamt-
orogens nun näher, so erkennen wir etwa folgendes:

1. Gliederung des alpinen Systems der Erde

Da durchzieht zwischen den Antillen und der Bandasee eine einzige scharf geschlossene Kettenschar, auf eine Strecke von über 200 Längengraden, von West nach Ost den Atlantischen Ozean und die Alte Welt. Dieses mächtige Band scheidet als tektonische Leitlinie allererster Ordnung die zwei großen heute zu Fragmenten zerfallenen alten Kontinentalmassen der Erde, **Gondwana** im Süden von **Laurentia**—**Eurasia**, — wir nennen diesen Block in der Folge gekürzt **Laurasia**, — im Norden. Wo diese beiden alten Blöcke auf der langen Front zwischen Antillen und Bandasee einander gegenüber treten,

da erkennen wir die enggeraffte, auf schmalen Raum zusammengedrückte Kettenschar der **mediterranen Gebirge**. Dieselben stoßen in gewaltigem Bogen weit nach Norden vor. Von den Antillen ziehen deren Ketten aus der Nähe des Äquators bis hinauf zu den Alpen und Karpathen immer mehr gegen Norden; von den Karpathen bis hinab in die Sunda-inseln weichen sie langsam wieder gegen Süden zurück. Auch vereinzelte nach Süden schauende Fragmente im Atlantischen Ozean und in Vorderasien vermögen diesen grandiosen **mediterranen Gesamtbogen** nur in einzelnen Abschnitten etwas zu modifizieren, aber niemals an dessen monumentaler Eindeutigkeit zu rütteln. Alpen und Karpathen erscheinen auf diese Weise gewissermaßen im Scheitel eines mächtigen mediterranen Gesamtbogens, die alpinen Gebirge des mittleren Europa liegen somit im Zentrum der jungen Ketten der Welt. In diesem Sektor rückt auch Gondwana am weitesten nach Norden vor, und wir sehen somit den großen Gesamtbogen der mediterranen Kettenschar gerade dort am weitesten nach Norden vorstoßen, wo hinter ihm das mächtigste Fragment Gondwanas als der afrikanische Koloß erscheint. Die Alpen mit ihrer auf der Erde fast einzig dastehenden strukturellen Komplikation liegen dort, wo der Gondwanakontinent am weitesten nach Norden vorgerückt ist. Wie könnten wir die extreme Nordflut aller Massen in den Alpen drastischer unterstreichen als mit dieser Erkenntnis? Daß schließlich vor diesen mediterranen Sektor der alpinen Gebirge auch die verlorenen Fragmente der arktischen Vorlandketten fallen, sei nur ganz nebenbei noch bemerkt.

Zwischen Nord- und Südkontinent der Erde sind die alpinen Gebirge auf den engen Raum der mediterranen Ketten, auf ein Band von meist 10—15 Breitengraden zusammengedrängt. So ist es überall zwischen den Antillen und dem Brahmaputra. Es ist zwar möglich, daß im Atlantischen Ozean diese Kettenraffung etwas lockerer wird, aber das alpine Orogen bleibt doch auch hier eine in sich wohlgeschlossene Zone. Wo nun aber im südöstlichen Asien, in Australien oder beidseits der Antillen diese Widerlager der alten Kontinente nach den Seiten hin endigen, wo Gondwana und Laurasia nach Norden und nach Süden gegen die Pole hin zurückweichen, da öffnet sich der enge Faltenstrang der mediterranen Gebirge in seine freien Äste und umschlingt in gewaltigen Ketten weithin den Stillen Ozean. Das mediterrane Zentralorogen Eurasiens **teilt** sich an den beiden **Flanken** der alten Kontinentalblöcke in je zwei **selbständige**, weit nach Norden und Süden abziehende Gebirgssysteme, im Osten das **ostasiasische** und das **australische**, im Westen das **nord-** und das **süd-amerikanische**. Diese sog. pazifischen Gebirge sind daher heute nicht mehr als eigenen Ursprungs und dem großen mediterranen Zentralzuge fremd gegenüberstehend zu betrachten, sondern diese pazifischen Gebirge

erscheinen nun gleichsam nur noch als die vor dem Stillen Ozean auseinanderstrebenden Ausläufer des großen mediterranen Zentralsystems.

Wie diese Auffassung, der amerikanischen Gebirge besonders, sich vereinen läßt mit dem höheren Alter ihrer hauptsächlichsten Bewegungsphasen, wird weiter eingehend zu erörtern sein. Erscheint es doch höchst auffallend, daß gerade diese seitlichen Ausläufer der mediterranen Ketten einen viel früheren Paroxysmus aufweisen als das mediterrane Zentralsystem selber. Unter normalen Verhältnissen müßten ja gerade diese seitlichen Ausläufer den jüngsten Bewegungen des Gesamtsystems ihr Dasein verdanken. Aber das Ergebnis der tektonischen Analyse des alpinen Gesamtsystems ist so eindeutig, daß an dem Charakter der amerikanischen Ketten als seitlichen Ausläufern der mediterranen Gebirge gar kein Zweifel aufkommen kann, und wir müssen daher die Ursachen für das zwar nur teilweise höhere Alter dieser mediterranen Ausläufer anderswo suchen. Vorderhand halten wir uns an das klare Ergebnis der räumlichen Verteilung der jungen Gebirge der Erde und kommen später auf die merkwürdigen zeitlichen Diskrepanzen zwischen den einzelnen Segmenten des alpinen Gesamtsystems zurück.

Das mediterrane Zentralsystem strahlt vor dem Stillen Ozean sowohl im Westen wie im Osten an den beiden Flanken der alten Kontinentalblöcke in großartiger Virgation auseinander. Dieses Resultat ist durch die tektonische Analyse des vorigen Kapitels durchaus gesichert. Aber diese Virgation der mediterranen Kettenschar am Pazifik bleibt nun nicht auf einen relativ engen Raum von einigen 20 oder 30 oder auch 40 Breitengraden, oder auf einzelne Ketten des mediterranen Systems beschränkt, sondern die alpinen Ketten öffnen sich am Stillen Ozean in ihrer Gesamtheit auf eine gigantische Breite von über 130 Breitengraden. In Alaska, Nordostasien und auf Grahamland erreichen sie die Polarkreise und das ewige Eis.

Dieses gewaltigste Phänomen im jungen Bau der Erde, das Auseinanderstrahlen des mediterranen Kettenzuges in die pazifischen Ketten Asiens, Australiens und Amerikas, die große **pazifische Virgation** der alpinen Gebirge, kann daher in seinen Ursachen nicht bloß auf das einfache Auseinandertreten der nördlichen und der südlichen Widerlager der mediterranen Ketten, d. h. der beiden großen Kontinentalblöcke Gondwanas und Laurasias zurückgehen. Bestände nur dies Zurückweichen des Nord- und des Südkontinentes ohne weitere Einflüsse, so würden die mediterranen Ketten wohl in regelmäßigem Fächer garbenförmig weit in den Pazifik ausstrahlen und mit der Zeit erlöschen, und das heutige Antlitz der Erde wäre im Gebiet des Stillen Ozeans ein ganz anderes. Wir sehen aber die mediterranen Gebirge, die großen

Randketten des Orogens ohne Ausnahme, sozusagen überall in scharfen Kurven nach Nord und Süd auseinanderstreben, sie scheinen den Stillen Ozean mit ganz geringen Ausnahmen überhaupt zu meiden, sie treten kaum irgendwo in dessen eigentlichen Bereich ein. Die mediterranen Ketten fürchten die Unendlichkeit des Ozeans. Sie umschlingen ihn, sie schmiegen sich deutlich seinen Umrissen an. Das aber ist ein Verhalten von Falten und Kettengebirgen, wie wir es sonst, auf dem festen Lande, nur an alten versteiften Massiven und Kontinentalblöcken beobachten können. Jede Ablenkung eines Kettengebirges, die wir auf der Erde kennen, ist bedingt durch den Widerstand einer relativ starreren Masse gegenüber der plastischen Bewegung des Gebirges, und es ist daher wohl auch das gewaltigste Beispiel dieser Art, das Umfließen des Stillen Ozeans durch die mediterranen Ketten, oder deren Furcht vor dem Pazifik, auf ähnliche Ursachen zurückzuführen. Die alpinen Gebirge der Erde hätten im Bereich des Pazifik niemals einen derartigen Verlauf genommen, wenn sie nicht durch ein gewaltiges starres Massiv im Untergrund des Stillen Ozeans weitgehend abgelenkt worden wären. Es ist zunächst ganz gleichgültig, ob diese pazifische Masse je ein Kontinent, etwa im Sinne HAUGS, gewesen ist oder nicht. Der springende Punkt in der Deutung des Pazifik liegt nur darin, daß wir unter demselben ein mächtiges steifes Widerlager gegen die jungen Ketten erkennen müssen. Der **Boden des Pazifik** beherbergt eine enorme, ungemein **versteifte uralte Masse, die sämtliche jungen Falten des alpinen Orogens um sich herum bis hinauf zu den Polarkreisen abgelenkt hat.** Dieses große pazifische Widerlager nennen wir den **Pazifischen Block.**

Das heutige Antlitz der Erde zerfällt daher letzten Endes in vier große Grundeinheiten:

1. Die **jungen Kettengebirge des mediterran-pazifischen Systems.**
2. Den **Nordkontinent Laurasia**, mit den arktischen Vorlandketten.
3. Den **Südkontinent Gondwana.**
4. Den **Pazifischen Block.**

Die jungen Kettengebirge trennen im mediterranen System auf 200 Längengrade Gondwana von Laurasia. An den beiden Flanken dieser großen Grundkontinente schaltet sich zwischen die jungen Ketten, gewissermaßen als mächtiges alpines Zwischenmassiv, der Pazifische Block. Den Norden Laurasias endlich umschlingen die bescheidenen Vorlandgebirge der Arktis. Das sind die großen Züge im Antlitz unserer Erde.

Wie sind diese Züge nun zu deuten: Wie sind sie entstanden, welches waren die Bewegungen, die Kräfte, die zu diesem überaus einfachen Bilde führten? Betrachten wir das Bild noch einmal näher und erinnern wir uns dabei auch der großen Hauptbewegungsrichtungen der irdischen Gebirge. Dann kommen wir ganz ungezwungen zu einer ganz einfachen Deutung derselben.

2. Deutung der alpinen Leitlinien der Erde

Wir beginnen dabei abermals mit dem so wichtigen **mediterranen Zentralsektor**.

Ein Fundamentalzug irdischer Struktur tritt uns da entgegen im großen **Nordbogen des mediterranen Zentralsegmentes** der alpinen Gebirge zwischen Antillen und Bandasee. Die ganze Nordfront Gondwanas stößt hier in ihrer Gesamtheit gegen Norden vor, dabei die mediterranen Ketten vor sich her auf das alte Laurasia treibend, von den Antillen bis hinüber nach Indien. Die Südfront Laurasias wird damit weitgehend eingedrückt, und die zentralen Teile derselben weichen nach Norden zurück. Das ist die Geschichte der Alpentürmung Europas, mit dem großen Nordmarsch Afrikas, das an seiner Front ganz Europa gegen Norden gestoßen hat. Der Nordstoß Gondwanas im mittleren Segment, d. h. im Sektor Europa—Afrika, tritt somit im großen Gesamtbild der alpinen Leitlinien der Erde ganz eindeutig und mit aller Schärfe hervor.

Im Westen und im Osten dieses zentralen Sektors aber sehen wir eben so deutlich, wie die Front Gondwanas gegen Süden zurückweicht, und wie im Gegenteil die nördliche Masse Laurasias, und zwar gleichfalls nur im Westen und im Osten, gegen Süden vordringt. In Europa liegt der Südrand Laurasias auf rund 45° nördlicher Breite, am Golf von Mexiko nähert er sich dem Äquator bis zu 20 Breitengraden, auf Borneo erreicht er mit der Südchinesischen Masse fast gar den Äquator. Und während in Europa die ganze mächtige Kettenschar des alpinen Orogens in ihrer primären Anlage ganz eindeutig nach Norden gestoßen ist, erkennen wir sowohl in Mexiko als ganz besonders im östlichen Asien eine eben so deutliche Grundbewegung aller Massen gegen Süden, über das untersinkende Gondwana hinweg, oder wie in Mexiko neben demselben vorbei. Mehr und mehr enthüllt sich uns ein großartiger **Kampf zwischen Gondwana und Laurasia**, der zwischen Celebes und Mexiko auf einer gewaltigen Front von 240 Längengraden über zwei Drittel des Erdumfanges mit wechselndem Erfolge geführt wurde. In der Mitte weicht, im Raume von Europa besonders, der Nordkontinent vor dem mächtigen Zentrum Gondwanas stark zurück, die Gondwanafront bricht weit in den Nord-

kontinent ein und sucht Laurasia gewissermaßen zu sprengen. Was ihr schließlich auch gelingt, indem letzten Endes Nordamerika von

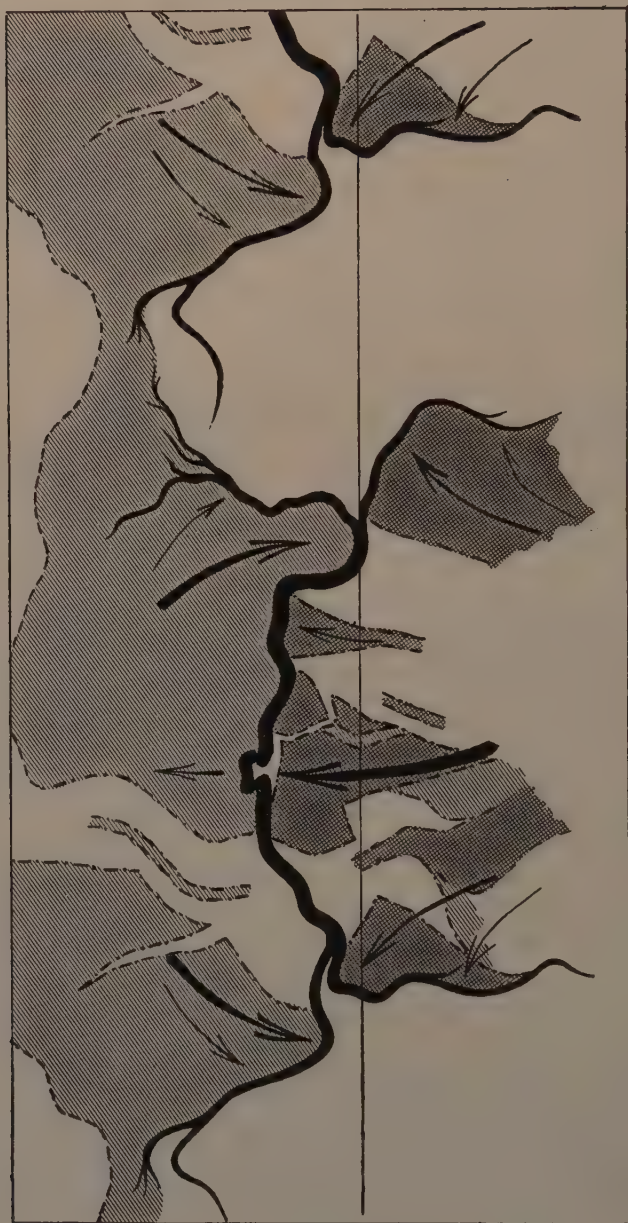


Fig. 26. Schema und Deutung der alpinen Leitlinien der Erde. (Nach R. STAUB, 1927.)

Schwarz = Axen des alpinen Orogens, Hellgrau = Fragmente Laurasias, Dunkelgrau = Fragmente Gondwanas,
 --- Nordgrenze Laurasias, -.-.- Bruchsysteme

Eurasien abbricht. Das ist die Öffnung des nördlichen Atlantischen Ozeans, verbunden mit dem gewaltigen Heraufströmen basaltischer Magmen, von Island, Jan Mayen und Grönland bis weit hinab gegen

den Äquator. Wo aber an den beiden Flanken Gondwana schwächer wird, da schreitet Laurasia zu mächtiger Gegenattacke. Es versucht den Zentralblock Gondwanas quasi seitlich zu umfassen, und nur die starre Masse des Pazifischen Blockes scheint Laurasia an diesem Vorhaben gehindert zu haben. Im Osten vermag Laurasia zwischen Vorderindien und Australien sogar eine gewaltige Bresche in die gondwanische Front zu schlagen, und die asiatischen Gebirge dringen dort in mächtigem Vormarsch weit in Gondwana ein; genau wie dieses im zentralen Sektor des Mittelmeeres in Europa eingefallen ist. An der starren Masse des Pazifischen Blockes aber stoßen beide Kontinente auf unüberwindliche Schwierigkeiten, sie werden durch dieselbe in ihrer Aktion gegeneinander gehemmt. Sie versuchen, die Pazifische Masse zu überwinden, aber deren innerer Widerstand ist viel zu groß. Die Pazifische Masse hält wie eine neutrale Macht die kämpfenden Fronten zurück.

Dieses allgemeine Bewegungsbild der alpinen Ketten der Erde wird durch den Verlauf der Gebirge zwischen Mexiko—Kolumbien, Europa, Indien und Australien in seinen großen Grundzügen vollständig sichergestellt. Das Vordringen Gondwanas im europäisch-afrikanischen Sektor, das Südwärtsrücken Laurasias in Mexiko und auf den Sundainseln spricht in gewaltiger Sprache für diese Auffassung. Welche Details aber verhüllt uns der **Atlantische Ozean**? Was ging auf dieser weiten Strecke zwischen den Antillen und der Straße von Gibraltar einst vor sich, bevor die Fluten der verdrängten alpinen Meere dieses wichtige Fragment der Erdoberfläche unter sich begruben?

Verweilen wir für einen Augenblick bei diesen für das Verständnis des Ganzen so wichtigen Fragen und suchen wir auf Grund der modernen Tiefenkarten des Atlantik in dessen strukturellen Unterbau etwas näher einzudringen.

Betrachten wir die Karten von SCHÖTT und besonders von GROLL. Da scheint sich sofort folgender großer Zusammenhang herauszuschälen:

Die bisher ermittelten morphologischen Elemente des Atlantik ziehen im Westen der großen mittelatlantischen Schwelle von den Antillen ganz allgemein gegen Südosten, während östlich des atlantischen Rückens alle morphologischen Einheiten des atlantischen Bodens klar gegen Nordosten, mit allgemeiner Richtung auf Marokko, hinaufstreichen. Es scheint sich so ein mächtiger gegen Süden schauender Bogen im mittleren Teil des Atlantik von den Antillen gegen die Straße von Gibraltar abzuzeichnen, und die Versuchung liegt überaus nahe, in demselben ein gewisses Gegenstück zum südwärts vordringenden Sundabogen des Ostens zu erblicken. Die Tiefenkarte von GROLL läßt aber noch weitere Differenzierungen und schließlich überraschende Vergleiche mit dem Osten zu.

Da zieht aus der Gegend von Lissabon, vom Kap San Vicente und der Seinebank eine Reihe von Untiefen über Madeira in großem, gegen Süden gekehrtem Bogen zu den Azoren hinüber, das Becken der



Fig. 27. Die alpinen Leitlinien des Atlantischen Ozeans.
(Nach der Tiefenkarte von GROLL entworfen von R. STAUB, 1927.)

Dicke Kurven = Kordilleren, Strichel = Gräben.

westportugiesischen Tiefen vom Nordteil der großen Kapverdischen Mulde trennend. Nördlich der Azoren streichen rückenartige Untiefen gegen den Südrand des Golfes von Biskaya, d. h. gegen die Pyrenäen-Asturen. Das **westportugiesische Becken** des Atlantik erscheint somit gewisser-

maßen als ein an den portugiesischen Brüchen versenktes Zwischenmassiv zwischen pyrenäischen Vorlandketten und Alpiden, als eine in den Atlantik niedergebrochene Fortsetzung der iberischen Meseta. Zwischen Madeira und Azoren scheinen sich diese beiden alpinen Elemente im Süden und Westen dieses Zwischengebirges scharen zu wollen. Aber sofort schaltet sich der Nordteil der großen **Kapverdischen Mulde** mit beträchtlichen Tiefen als neues Zwischenmassiv zwischen die einander sich nähernden alpinen Fragmente ein. Der Westteil derselben zieht von den Azoren über die mittelatlantische Schwelle weiter, der Ostteil schmiegt sich deutlich der afrikanischen Westküste an und erreicht mit schließlichem Einlenken in die Westrichtung die Kapverdischen Inseln. Dabei scheint sich auf den westlichsten Kanaren, zwischen Teneriffa, Palma und Ferro, der Zug des Atlas in fast rechtem Winkel mit dem nach Süden abziehenden „Rücken“ der Kapverden zu ketten. Der Verlauf der — 5000 m-Isohypse nordwestlich der Kapverden weist weiter auf eine Reihe von Erhebungen hin, die mit Nordwestrichtung dem atlantischen Rücken zustreben, und die auf jeden Fall die große Kapverdische Mulde zwischen 20 und 30° n. Br. und 30 und 35° w. L. in zwei Hälften teilen. Alle diese Fragmente zwischen Kanaren und dem Punkt 30° n. Br./35° w. L. aber fügen sich zu einem Bogen zusammen, der deutlich gegen Süden schaut und dessen Scheitel etwa in die westlichen Kapverden fällt. Wir nennen dieses arg verstümmelte Bogenfragment den **Kapverdischen** oder den **Ostatlantischen Bogen**. Dessen Ostflanke folgt der afrikanischen Küste, dessen westliches Segment wird unterstrichen durch den direkt meridional verlaufenden Graben der 6068 m-Tiefe. Der südliche Hauptteil der großen Kapverdenmulde umgibt diesen Bogen im Westen, Süden und Südosten bis östlich der kapverdischen Inseln in den Raum zwischen Kap Verde und Sao Thiago hinein. Daneben streichen die Strukturlinien des afrikanischen Festlandes durch Rio de Oro und Senegal bis gegen Liberia hinunter bemerkenswerterweise dem Ostflügel dieses kapverdischen Bogens fast parallel. Südlich desselben zeichnet sich endlich, aus der Gegend von Portugiesisch-Guinea und den Bissagoinseln über St. Paul und die Mittelatlantische Schwelle bis 10° n. Br./40° w. L. ein weiterer Vorbogen ab, der die kapverdische Mulde gegen Süden abschließt und sie von der großen Romanchetiefe mit ihren vielen Seebeben trennt.

Betrachten wir nun die Westhälfte des Atlantik im fraglichen Raume der mediterranen Kettenzüge. Die große Vortiefe des Antillengrabens zieht zunächst von Haiti über 10 Längengrade gegen Osten, mit Tiefen von über 6000 m. Dann verflacht sie, erreicht aber, immer noch mit über 5500 m Tiefe auf 15° n. B. die Westabdachung der Mittelatlantischen Schwelle. Südlich davon streicht der Zug der venezolanischen Anden von Trinidad zunächst gleichfalls nach Osten um etwa 300 km

als Untiefe weiter, dann ziehen alle morphologischen, aber sicher auch die tiefere Struktur verratenden Linien der atlantischen Tiefen längs der Guyanischen Küste, parallel dem östlichen Antillengraben, gegen Südosten. Auf 10° n. Br. stoßen wir zwischen 45° und 50° w. L. auf einen ostweststreichenden Graben, der durch eine seichte Schwelle von den Ausläufern des Antillengrabens getrennt wird. Diese Schwelle zieht von den kleinen Antillen bis zum Westende des eben erwähnten Grabens gegen Ost-Südost, dann schwenkt sie nördlich desselben in den mittleren Atlantischen Rücken ein. Dies alles läßt sich von der Tiefenkarte von GROLL ohne große Mühe ablesen.

Es zeichnet sich somit auch im westlichen Teil des Atlantik ein recht deutlicher Gebirgsbogen ab, der von den Antillen zunächst nach Südosten zieht, und bei etwa 50° w. L. in die Mittelatlantische Schwelle zwischen 10° und 25° n. Br. einschwenkt. Der innere westliche Teil der östlichen Bogenflanke zieht dieser Schwelle entlang in die Azoren hinauf, der äußere Ostteil hingegen scheint sich zwischen 30° n. Br. / 42° w. L. und 30° n. Br. / 35° w. L. durch ein äquatorial, d. h. ostweststreichendes Verbindungsstück in fast rechtem Winkel mit dem Bogen der Kapverden zu ketten. Dieses quere Mittelstück nennen wir den **Zentralatlantischen Bogen**. Es erweckt somit den Anschein, als ob ein großer gen Süden schauender **westatlantischer Gebirgsbogen** sich südlich der Bermudas-Sargasso-Tiefen von den Antillen zum Mittelatlantischen Rücken spannte, als ein Gegenstück zum ostatlantischen Kapverdischen Bogen, der vom Mittelatlantischen Rücken zum Hohen Atlas die nördliche Kapverdenmulde umsäumt. Als ein gewisses Gegenstück zu den von den Azoren gegen Spanien hin streichenden Rückenfragmenten erscheint endlich, von ostwestziehenden Mulden durchzogen, eine Reihe von Untiefen zwischen den Azoren und Neufundland, als der Rest jener Kette, die in den alpin neubelebten Appalachen das nordwestatlantische **Bermudas-Sargassobecken** samt dem Golf von Mexiko bis hinab nach Texas im Nordwesten umzieht.

Halten wir alle diese Tatsachen zusammen, so läßt sich etwa folgendes denken:

Die alpinen Gebirge des Mittelmeeres strahlen am Atlantischen Ozean gegen Westen und Südwesten auseinander. Die alpinen Vorlandgebirge der Iberiden erreichen beidseits der im Westen versenkten Fortsetzung der spanischen Meseta um die westportugiesischen Tiefen die Azoren, wo sie sich erneut, und wohl auch mit einem Teil des alpinen Zentralorogens scharen. Dieses Zentralorogen spaltet sich in der Gegend von Madeira in zwei Äste, welche die nördliche Kapverdische Mulde als zentrales Zwischenmassiv umfließen. Der nördliche Teil zieht über die Azoren direkt in den Atlantischen Rücken, der südliche erreicht denselben, wahrscheinlich zusammen mit den marokkanischen Rücklandfalten, erst auf dem Umwege über den Kapverdischen-

und den Zentralatlantischen Bogen bei etwa 30° n. Br. Diesem großen ostatlantischen Bogen ist im Süden der Kapverdischen Mulde ein ausgeprägter Randbogen vorgelagert, der St. Paul trägt, der St. Pauls-Bogen. Der südostverlaufende Abschnitt der Atlantischen Schwelle gehört diesem St. Paulsbogen als westlicher Flügel an; der östliche zieht gegen Guinea hinauf. Zwischen den Azoren und den großen Antillen spannt sich ein mächtiger ebenfalls südgetriebener Westatlantischer Bogen, der die Tiefen des Bermudas-Sargassobeckens im Süden umschlingt. Dessen westlicher Flügel bildet die östlichen Inseln der Großen Antillen, dessen östlicher den nördlichen Hauptteil der Atlantischen Schwelle, etwa zwischen 15° n. Br. und den Azoren. Der zentrale Sektor des westatlantischen Bogens ist tief im Ozean versenkt. Und endlich strahlt ein nördlichster Teil der alpinen Vorlandgebirge Europas von den Azoren gegen Nordwesten, auf Neufundland und die Appalachen hin aus, das Bermudas-Sargassobecken als mächtiges Zwischenmassiv im Nordwesten umschlingend.

Damit gelangen wir zu prächtigen **Analogien mit dem Ostteil des mediterranen Zentralsegmentes** der alpinen Gebirge. In den Gründen des Atlantischen Ozeans wiederholt sich die Segmentierung der mediterranen Ketten, die wir im Osten des Mittelmeeres in Asien angetroffen haben, wenn auch oft mit etwas ungleichen Massen.

Im Westen des zentraleuropäischen Alpen-Karpathen-Sektors zwischen Sardinien und der Walachei erkennen wir das westeuropäische Segment mit den iberischen und nordafrikanischen Gebirgen bis hinab auf die Kanaren und hinüber nach Madeira. Im Osten folgt der osteuropäische Abschnitt mit den russischen und kleinasiatisch-armenischen Ketten. Diesem kleinasiatischen Sektor schließt sich jenseits der armenischen Scharung der mächtig nach Süden vordrängende Bogen der persisch-afghanischen Gebirge in kräftiger Kettung an. Das atlantische Gegenstück zu diesem persischen Segment erkennen wir nun im großen Bogen der Kapverden, der sich auf den westlichen Kanaren mit den marokkanischen Randgebirgen des Atlas in rechtem Winkel kettet. Der 1500 km breite Keil zwischen diesem kapverdischen und dem westatlantischen Bogen entspricht ausgezeichnet dem Gondwanakeil in Vorderindien, der westatlantische Bogen schließlich in abgeschwächtem Maße dem Bogen der Sunda-Inseln. Und wie im Osten dieser letzteren Gondwana im australischen Block erneut auftaucht und kräftig seinen Nordstoß durch die Inselbogen der Ozeaniden dokumentiert, so sehen wir auch im nördlichen Südamerika Gondwana kräftig nach Norden stoßen und die Großen Antillen vor den kolumbianisch-venezolanischen Anden eindeutig nach Norden treiben. Und endlich erscheint in genau derselben Stellung wie der Malediven-Rücken zu Vorderindien, im entsprechenden Sektor des Atlantischen Ozeans der große Südteil der Atlantischen Schwelle, von der

In allen diesen einzelnen Sektoren ist die vorherrschende Bewegungsrichtung der Ketten und die relative Stellung der schiebenden Kontinente zueinander — und damit natürlich auch deren Rolle bei der Türmung der betreffenden Gebirgssegmente — eine verschiedene, je nach der bestehenden Möglichkeit freieren Ausweichens der gegeneinander bewegten Schollen. So ist bald der nördliche, bald der südliche Kontinent das Vorland der Ketten, und dieselben drängen in verschiedenen Sektoren bald auf Laurasia, bald auf Gondwana hin. Es ist daher der Begriff der Vor- und Rückländer eines Orogens nur etwas sehr Relatives, und man täte im Grunde besser, einer orogenen Zone nicht Vor- und Rückländer gegenüberzustellen, sondern einfach „Orogene Zone“ und „Starre Schollen“ zu unterscheiden. Was am einen Orte „Vorland“ ist, erscheint am anderen als „Rückland“ und umgekehrt, und die Bedeutung der starren Schollen für ein orogenes System wechselt auf diese Weise beständig.

Aber gerade hier scheint sich nun bei der Betrachtung des mediterranen Gesamtsystems eine ganz prachtvolle Gesetzmäßigkeit herauszuschälen, die geeignet ist, die Bedeutung der Vor- und Rückländer in einem ganz anderen neuen Lichte zu zeigen. Überall da nämlich, wo der gegen Norden vorrückende Südkontinent Gondwana bis heute als Landmasse erhalten geblieben ist, herrscht die Nordbewegung im ganzen mediterranen Orogen ganz eindeutig und unumstritten, und liegt das Vorland der Ketten im Norden. Wo hingegen zwischen diesen stehengebliebenen Landmassen andere Fragmente Gondwanas zur Tiefe gesunken sind, da benutzt der Nordkontinent Laurasia sofort die günstige Gelegenheit, die örtliche Schwäche seines Gegners, zu machtvollem Gegenangriff. So sehen wir die Bewegung im nordandinsüdamerikanischen, im ganzen europäisch-afrikanischen, im vorderindischen, im ganzen australischen Sektor unumschränkt nach Norden gehen, und so erkennen wir dort, wo Gondwana im südatlantischen und im indischen Ozean zur Tiefe gebrochen ist, das mächtige Vordringen Laurasias: in den Atlantischen Bogen im Westen, den persisch-malayischen im Osten. Dort aber, wiederum wo im Westen der südatlantische Rücken, im Osten der vorderindische Keil mit dem Malediven-Rücken „horstartig“ aus den Tiefen der Ozeane hervorragen, da verrät sich sofort wieder das mächtige Vordrängen Gondwanas, und die von Laurasia gegen die gondwanischen Lücken vorgetragenen Bogen werden wie durch starre Keile gesprengt und in je zwei Segmente zerteilt. So wechselt parallel mit dem meridionalen Zerfall Gondwanas zwischen Südamerika, Afrika und Australien der lokale Bewegungs- und Überfaltungssinn der mediterranen Gebirge. Die stehengebliebenen Horste, d. h. Südamerika, Südatlantischer Rücken, Afrika, Vorderindien-Maledivenrücken und Australien, stoßen mächtig und aktiv nach Norden

vor. In die weiten Lücken zwischen diesen Horsten, gegen die tiefversenkten Bruchfelder des Südatlantischen und des Indischen Ozeans hingegen, dringt Laurasia mit gewaltigen Bogen weit nach Süden ein. **Nordbewegung vor den gondwanischen Horsten**, Südamerika, Afrika und Australien besonders, **Südbewegung** im Gebiet des **Südatlantischen** und des **Indischen Ozeans**, das ist das große **Bewegungsgesetz des mediterranen Zentralsegmentes** der alpinen Gebirge der Erde. Daneben sucht Laurasia endlich auch, in Mexiko und im südlichen Marianenbogen, das gegen Süden zurückweichende Gondwana noch seitlich zu umfassen. Der allmächtige Widerstand des Pazifik aber läßt diesen Plan nicht zur Ausführung kommen, und es bleibt bei diesen schüchternen, die Umfassung Gondwanas erst beginnenden Versuchen (vergl. Fig. 25, 26).

Das mediterrane Segment der alpinen Gebirge der Erde wird also, von Mexiko und Kolumbien bis hinüber in die Bandasee, beherrscht durch das **Aufeinanderrücken Gondwanas und Laurasias**. Die Nordbewegung Gondwanas herrscht besonders im zentralen, europäisch-afrikanischen Sektor der mediterranen Gebirge, daneben aber auch an den beiden äußersten Flanken, vor Südamerika und Australien; die Südbewegung Laurasias hingegen greift vor allem zwischen dem südamerikanischen und afrikanischen, und dem afrikanischen und australischen Blockfragment besonders stark vor. Durch die gondwanischen „Horste“ im Südatlantischen und Indischen Ozean, den süd-atlantischen Rücken und die Masse Vorderindien-Malediven, wird dieses Vordringen Laurasias abermals auf je zwei Sonderabschnitte eingeschränkt. An den beiden äußersten Flanken, in Mexiko und auf den Marianen endlich stößt diese laurasiatische Südbewegung auf den starren Block des Pazifik und bleibt daher in ihren Anfängen stecken.

Damit kommen wir zur weiteren Frage: Wie verhalten sich nun die beidseitigen **Flanken des mediterranen Zentralsegmentes**, d. h. Ostasien—Australien einerseits, die beiden Amerika andererseits?

Betrachten wir zunächst wieder die so klar hervortretende **Gondwanafront**. Von Venezuela bis hinüber nach Australien stößt sie in ihrer Gesamtheit stets nach Norden vor, der Verlauf der mediterranen Kettenschar und die verschiedenen geographischen Breiten der gondwanischen Nordfront zeigen dies nur allzu deutlich. Dabei wechseln allerdings der lokale Sinn der Faltungsrichtung und die relative Stellung der Kontinente zum mediterranen Gebirgssystem in jedem einzelnen Sektor beständig, je nach gegenseitiger Höhenlage der gegeneinander-rückenden Kontinente. Bald sind die alpinen Ketten von Gondwana weg, nach Norden zu, bewegt, bald legen sie sich in gewissen Sektoren nach Süden über tiefer versenkte Fragmente Gondwanas hinweg. Den

großen nach Norden schauenden Bogen der Gondwanafront aber vermögen alle diese Abweichungen nicht zu zerstören, dieselben erscheinen nur als gewisse sekundäre Modifikationen der großen nach Norden gekehrten Gondwanastirn, und immer und überall bricht von Zeit zu Zeit die große **Nordbewegung des mediterranen Sektors** mit elementarer Gewalt wiederum hervor.

Die Modifikationen der gondwanischen Nordfront aber bestehen etwa in folgendem:

Zunächst sind im äußersten Westen die Ketten Kolumbiens nach außen, gegen Nordwesten, normal von Gondwana weg, vorgestoßen. Aber schon in Venezuela scheint ein südlicher Teil der mediterranen Ketten gegen Süden zu bewegt, und die großen atlantischen Bogen sind sogar in ihrer Gesamtheit nach Süden vorgestoßen. In Marokko und weiter durch ganz Europa hingegen drängt dann alles wiederum gegen Norden, vom Hohen Atlas und der Straße von Gibraltar bis an die Kaspisee. Doch treten die südlichen Ketten dieser großen nach Norden vorgetriebenen europäischen Bogenschar schon von Algier an abermals in Rückfaltung über den afrikanischen Block hinaus, wenn sich diese bescheidenen Überkippungen gegen Süden auch nirgends mit den grandiosen Nordüberschiebungen der eigentlichen Alpiden messen können. So bleibt es dann bis hinab nach Indien. Der nördliche Hauptteil des Orogens stößt in gewaltiger Steinflut nach Norden, die südlichen Randketten sind über Gondwana schwach rückgefaltet. Am Brahmaputra aber dringt nun sogar Laurasia selber mit machtvollen Ketten weit über die niedergebrochene Gondwanafront hinweg bis an den Indischen Ozean vor, das ganze nördliche Gondwana samt seinen Randgebirgen tief unter sich begrabend. Im australischen Sektor jedoch erscheint mit den Gebirgen Neu-Guineas die gondwanische Front von neuem, dort in ganz ähnlicher Weise unter den von Ostasien vorgetriebenen Randbogen der Sundainseln hervortretend, wie am Brahmaputra das vorderindische Segment mit dem Himalaya unter denselben verschwunden ist. Von Neu-Guinea aber bis hinab nach Neu-Seeland und den Campbellinseln dringt nun diese australische Front Gondwanas abermals in weitem Bogen gegen Norden und Nordosten vor, wenn zwar auch hier in einzelnen Sektoren wie Neu-Guinea etwa der Bewegungssinn der Gebirge wiederum lokal gegen Süden geht. Maßgebend für die großen Zusammenhänge ist jedoch die große Gesamtanlage der australisch-ozeanischen Bogen, und diese weist am ganzen australischen Nordostrande ganz eindeutig gegen den Pazifik hin. Schon die inneren Kulissen zwischen Neu-Guinea und Neu-Seeland fügen sich deutlich zu einem gegen den Pazifik bewegten Bogen, und derselbe erscheint in den äußeren Inselreihen Melanesiens noch ganz enorm verstärkt durch das gewaltige Vordringen der jungen Ketten im Raume der Fidschi- und der Tongainseln.

Wir stehen somit auch am **Ostende Gondwanas** immer noch vor einem kraftvollen und generellen Vordrängen des Südkontinentes gegen Norden hin, einem Vordrängen, das nur infolge des seitlichen Zurückweichens Gondwanas im östlichen Australien hier nun allmählich mehr gegen Nordosten und Osten zu kehrt. Die Gondwanafront dringt auch hier noch, genau wie im Sektor des Mittelmeeres oder der nördlichen Anden, von Süden gegen Norden vor. Dabei werden an der Stirnseite Gondwanas die Ketten gegen Norden gedrängt; wie in Europa; die Flanke Gondwanas hingegen schiebt die Ketten längs dem Widerstand des Pazifischen Blockes mehr gegen Osten zusammen. Diese große Pazifische Masse tritt hier mehr und mehr als ein starres seitliches Widerlager den gegen Norden drängenden alpinen Ketten entgegen und zwingt sie zu großartiger Deformation im Streichen. Wir stehen dabei vor ganz ähnlichen Phänomenen wie im gutstudierten Alpidenzug Europas. Durch seitliche Widerstände werden die ursprünglich frei gen Norden treibenden Bogen so lange deformiert, ihre Biegungen so weit verstärkt, bis sie sich in ihrem Streichen dem Rand des Widerlagers angepaßt haben. Der Westalpen-Apenninbogen paßt sich dem großen westlichen Vorgebirge Alteuropas, der spanisch-korsosardischen Masse an, die australischen Bogen schmiegen sich in die Umrisse des Pazifischen Blockes ein. Das Phänomen ist absolut dasselbe, die primär nordbewegten Ketten fließen in beiden Fällen mit großen Ablenkungen den seitlichen Widerständen entlang. In Europa entstehen dabei die großen Kettenschlingen der alpinen Gebirge zwischen Gibraltar und dem Schwarzen Meer, in Australien und Ozeanien die scharf gegen Süden zurückgebogenen Züge der melanesisch-ostaustralischen Inselreihen. Und wie in Europa nur die primäre Nordfront der alpinen Gebirge von mächtigen eigenen Vorlandketten, im Westen den Pyrenäen, im Osten dem Kaukasus begleitet ist, so sehen wir auch in Australien solche selbständigen Vorlandketten des alpinen Orogens auf jenen Sektor des Pazifischen Blockes beschränkt, der vor der Nordfront Australiens liegt. Die Guirlanden der Karolinen, der Marshall- und Gilbertinseln erlöschen dort, wo am Tongagraben der Nordmarsch der inneren Inselbogen durch den seitlichen Widerstand des Pazifischen Blockes gehemmt wird, und in den gleichen australischen Frontsektor fällt schließlich auch weit draußen im Ozean die von den südlichen Marianen nach Hawaii abirrende äußerste pazifische Kette. An der rechten Flanke Australiens fehlen diese großen Vorlandgebirge des Pazifischen Blockes. Zugleich nimmt dort mehr und mehr auch die tektonische Komplikation gegen Süden zu ab, die Ketten strahlen von Neu-Seeland in großer Virgation gegen Südosten auseinander, und das alpine System erlischt dabei schließlich gegen die Antarktis hin.

So erkennen wir an der ganzen Nordfront Gondwanas, von Kolumbien bis hinüber nach dem östlichen Australien, immer wieder eine ausgesprochene Bewegung dieses Südkontinentes gegen Norden hin. Ganz gleichgültig, ob tieferliegende Teile Gondwanas von dem aus dem Norden anrückenden Laurasia im Atlantischen und im Indischen Ozean in mächtigen Bogen gegen Süden überfahren werden oder nicht. Am Ostende Gondwanas werden dann die Ketten längs dem Pazifischen Block soweit geschleppt, daß schließlich ihre nunmehrige Bewegungsrichtung gegen Osten weist. **Gondwana schiebt sich deutlich dem Pazifischen Block entlang nach Norden.** Der Pazifische Block selber aber bleibt gegenüber dieser Nordwanderung Gondwanas gewissermaßen stehen.

Das Spiegelbild dieses gegen Süden abgelenkten australischen Sektors der alpinen Gebirge aber erkennen wir in grandiosem Maßstabe im **südlichen Amerika**. Noch in Kolumbien sehen wir die nordandine Ketten-schar in mächtigen Bogen von Gondwana nach Nordwesten gestoßen, die primäre Bewegung Gondwanas geht auch hier noch gegen Norden zu. Dann ändert sich das Bild, genau wie an der Ostflanke Gondwanas auch. Gondwana tritt gegen Süden zurück, sein Rand weicht gegen den Pol hin in fast rechtem Winkel nach Süden ab. In der linken Flanke erscheint, wie in Australien auf der rechten, der starre Pazifische Block. Durch dessen Widerstand werden auch hier die sonst primär gegen Norden bewegten Randketten Gondwanas in mächtigen Kurven gegen Süden zurückgebogen, am pazifischen Widerlager auf großartigste Weise geschleppt. Gondwana dringt auch in Südamerika noch nach Norden vor, wie auf der ganzen Linie zwischen Kolumbien und Australien, der Pazifische Block hingegen steht auch hier gewissermaßen fest und zwingt die gondwanischen Ketten zu gewaltiger Ablenkung. Dieselben passen sich schließlich dem pazifischen Rande völlig an, wie Westalpen und Apennin der spanisch-korsosardischen Masse, und sie ziehen im Zuge der Anden, wie jene europäischen Gebirge, mit abnormem Streichen **quer** zur primären Schubrichtung einem seitlichen Widerstande entlang. Dabei sehen wir auch hier, in größtem Maßstabe, ähnlich wie beim Apennin, mehr und mehr, je stärker die Ablenkung wird, die normale Vorfaltung der Ketten einer intensiven Rückfaltung auf Gondwana weichen. Der schiebende Block unterschiebt seitlich mehr und mehr seine Randketten, und von Ecuador und Peru durch ganz Bolivien, Chile und Argentinien geht daher die andine Bewegung gegen Osten, d. h. gegen innen, zurück auf Gondwana.

Das ist ein eigentümlicher Sonderzug des Westens, denn eine ähnliche derart allgemeine Rückfaltung auf Gondwana fehlt scheinbar im östlichen, australischen Flankensektor. Daneben erkennen wir an der Westflanke Gondwanas auch eine viel größere Geschlossenheit

der Ketten als am Ostrand. Die Ketten Südamerikas sind zu einem engen Zuge zusammengerafft, sie bilden ein einziges fast geschlossenes Hochgebirge, die Anden. Die Ketten Australiens hingegen treten in offenen Bogen weithin frei in den Pazifik hinaus. Das Grundspiel ist dasselbe, die alpinen Ketten werden auf beiden Flanken Gondwanas am seitlichen Widerstand des Pazifischen Blockes gegen Süden zurückgebogen, dem Pazifischen Block entlang geschleppt und dabei seinen Umrissen angepaßt, aber im Osten ist der Zusammenstoß Gondwanas mit dem Pazifischen Block weit sanfter als im Westen. Die Störung der alpinen Ketten durch den Pazifischen Block ist im Westen viel gewaltiger, und so sehen wir die jungen Gebirge in der Westflanke Gondwanas auch eine viel größere Länge und Höhe erreichen als in Australien. Dieser fundamentale Unterschied zwischen den beiden Flankengebirgen Gondwanas kann aber nur dadurch verstanden werden, daß ganz Gondwana, von Australien und Tasmanien über Indo-Afrika bis hinüber nach Südamerika, bei seinem Nordstoß zugleich auch etwas gegen Westen gedriftet ist.

Damit kommen auch wir auf durchaus eigenen Wegen zur Anerkennung einer recht kräftigen **Westdrift**. Aber diese Westdrift ist nicht die Hauptsache im ganzen Bewegungsmechanismus der südamerikanischen Anden, sondern diese Westdrift modifiziert nur gewissermaßen den vom Nordwärtsrücken Gondwanas beherrschten Gesamtmechanismus in seinen Einzelheiten. Ein andines Gebirge wäre auch entstanden ohne die geringste Westdrift, nur wäre das Faltungsbild weniger geschlossen, die Ketten kürzer und die Auflösung des Gebirges in einzelne Kulissen größer. Das Einschwenken der andinen Ketten in das mediterrane Zentralsystem auf den Antillen zeigt uns heute deutlich, daß diese andinen Ketten nur Ausläufer der großen mediterranen Gebirge sind, und als solche somit denselben Ursachen ihre Bildung verdanken müssen wie der große Zentralstrang. Der Nordmarsch Gondwanas hat auch diese andinen Ketten geschaffen, so gut wie in Europa den querstehenden Apennin- und Westalpenbogen, das Widerlager des Pazifischen Blockes hat sie weitgehend aus ihrer primären Richtung abgelenkt wie die Ketten Melanesiens und Neu-Seelands, und die Westdrift **ganz Gondwanas**, nicht nur des amerikanischen Fragmentes, hat diese andinen Ketten nur noch näher zusammengerafft und zu einem einheitlicheren Bau zusammengeschlossen. Das große Geschehen lag aber auch hier im **Nordmarsch Gondwanas**.

Daneben scheint es aber auch ganz verständlich, daß bei einem Vorrücken Gondwanas über dermaßen ungeheure Räume die Bewegung der Massen schon primär gar nicht überall genau dieselbe Richtung eingeschlagen hat. Die allgemeine Tendenz ging gegen Norden, das

zeigt der große mediterrane Gesamtbogen zwischen Antillen und Bandasee zur Evidenz. Im Scheitel des Bogens, vor dem zentralen Block Afrikas, ist diese Nordbewegung rein erhalten zum Ausdruck gekommen. Gegen Osten und Westen aber strahlt die gondwanische Nordbewegung mehr und mehr auseinander, im Osten geht sie mehr gegen Nordosten, im Westen eher gegen Nordwesten. Wenn also schließlich im äußersten Westen und Osten die primäre Nordbewegung in sekundäre Ausfälle gegen West und Ost sich auflöst, so ist dies gar nichts Erstaunliches. Zudem wissen wir ja, daß der gondwanische Block bei seiner Nordwanderung etwas auseinandergefahren ist, und da scheint es nur natürlich, daß dessen Einzelteile eben nicht überall die absolut gleiche Bewegungstendenz verfolgten. Die Bewegung ging einfach in den möglichst freien Raum. Im Norden gegen die breite querstreichende Tethys, im Westen gegen die andine Geosynklinale, im Osten gegen die offenen Sammelbecken der Ozeaniden. Gondwana floß quasi als Ganzes von Süden in diesen Raum hinein, — ganz ähnlich wie etwa der dinarische Block in die mitteleuropäische Bucht der Alpen und Karpathen eingedrungen ist — und die dadurch an der Gondwanafront erzeugten Ketten sind nach Westen, Norden und Osten auf durchaus analoge Weise von Gondwana wegbewegt, wie Westalpen, Ostalpen und Karpathen vom Teilblock der Dinariden. Beim Vorrücken Gondwanas hatten sich die an seiner Front und den Flanken entstehenden Gebirge genau so den vorgelagerten Widerständen anzupassen wie im Kleinen die Ketten der Alpen sich dem Verlauf der europäischen Widerlager einfügen mußten. Gegen die schwache Zone der Tethys rückte Gondwana mit seiner mächtigen Nordfront herein. Dort stieß es ungehindert weit nach Norden vor. Vor den beiden Flanken hingegen stieß die gondwanische Nordbewegung an den schmalen andinen Geosynklinalen rasch auf das mächtige pazifische Widerlager, die Bewegung wird dabei zurückgehalten und gebremst, — es kommt zu relativ frühen Paroxysmen —, und die vor der Gondwanafront entstehenden Ketten hatten sich dem pazifischen seitlichen Widerlager anzupassen. Der große Bogen der Gondwanischen Gebirge, der vom Kap Hoorn und Grahamland über den Atlas bis hinab nach Neu-Seeland reicht, ist im Grunde genommen nur eine riesige Wiederholung dessen, was der Alpen-Karpathenbogen im kleinen uns zeigt. Der große **gondwanische Bogen**, der Grahamland, Anden, Mediterrane Ketten, Neu-Guinea und Neu-Seeland zu einer **einzigen** grandiosen **Einheit** verknüpft, ist nur eine gewaltige **Vergrößerung des europäischen Alpenabschnittes** zwischen **Sardinien und dem Balkan**. Das andine Segment entspricht dabei dem des Apennins, es steht auch wie dieses in Rückfaltung zu Gondwana. Der ostaustralische Sektor ist ein gewaltiges Gegenstück zu den südlichen Karpathen. Eine Art „Westalpenbogen“ stellt das Segment der

nördlichen Anden zwischen Peru und Venezuela dar. Die ganze Nordfront Gondwanas endlich, das heißt der Bereich der eigentlichen mediterranean Ketten zwischen Venezuela und Neu-Guinea, entspricht dem großen nordschauenden Sektor der Schweizer- und der Ostalpen samt den nördlichen Karpathen. Aber während die Deformation der alpinen Ketten im Apennin-Alpen-Karpathenbogen auf den relativ engen Raum von 1700 km beschränkt ist, umspannt der Gondwanabogen zwischen den Anden Südamerikas und den Gebirgen Neuseelands den gigantischen Raum von über 260 Längengraden.

Dieser Gondwanabogen stellt damit wohl die größte tektonische Einheit der irdischen Gebirge dar. Er erreicht eine Länge von beiläufig 50 000 Kilometern. Davon entfallen auf die Anden rund 10 000, auf die eurasiatischen Gebirge rund 22 000, auf die Australiden 13 000 Kilometer. Nur auf der relativ kleinen Strecke zwischen Kapverden und Trinidad ist diese gewaltige Leitlinie des in sich allerdings im Detail überaus komplexen Gondwana-Randbogens unseren Blicken direkt entzogen. Sonst aber umschlingt sie über ungeheure Strecken in gigantischen Ketten ununterbrochen das Gondwanaland, von Grahamland durch die Anden, die Gebirge Eurasiens und die Ketten Australiens bis hinab zu den Inseln südlich Neu-Seeland. Der Gondwanabogen ist damit die weitaus großartigste Leitlinie der Erde (vgl. Fig. 26).

Der Geschlossenheit des Gondwanabogens steht im Norden nichts ganz Gleichartiges zur Seite. Der Nordkontinent ist eben, gerade durch das zentrierte Vorgehen Gondwanas gegen Europa hin, in zwei große Sondersegmente deformiert worden. Das westliche nordamerikanische und das östliche asiatische. **Der Gondwanabogen treibt quasi den Nordkontinent Laurasia in seiner Mitte, im Raume des westlichen Europa, auseinander.**

Betrachten wir die alpinen Leitlinien der Erde abermals, und versuchen wir nun auch die **Rolle des laurasiatischen Nordkontinentes** besser zu verstehen (vgl. dazu Fig. 26).

Da tritt von neuem die fundamentale Bedeutung des alpinen Sektors Europas hervor. Dort dringt Gondwana mit seinen Randketten bis über den 45. Breitengrad gegen Norden vor. Um 35 Breitengrade mehr als im Westen in Venezuela; um 45° mehr als im Osten in den Molukken, im Westen an der Romanchetiefe. Zwischen Venezuela und den Molukken stößt so Gondwana in mächtigem Angriff gegen das Zentrum Laurasias vor, und dessen Südfront weicht vor dem Scheitel des Gondwanabogens bis auf 45° n. Br. zurück. Durch diese gewaltige **Intrusion**

Gondwanas im Sektor der alpinen Gebirge Europas wird der ganze zentrale Teil Laurasias, d. h. eben das heutige Europa, um grandiose Beträge nach Norden gestoßen. Dieselben werden gerade durch die Differenzen in der geographischen Breite, die zwischen dem europäischen Sektor und den östlichen und westlichen Segmenten bestehen, eindringlich illustriert. Wir gehen wohl kaum fehl, wenn wir die ganze Einbuchtung Laurasias in Europa, deren Ausmaß zwischen 35 und 45 Breitengraden, also zwischen etwa 3800 und 5000 km schwankt, auf das Konto des gondwanischen Nordstoßes im europäisch-afrikanischen Bewegungssektor setzen. Um diesen oder einen ähnlichen Betrag muß Gondwana die Mitte des großen Nordkontinentes nach Norden geschoben haben.

Im zentralen Sektor Europas dringt Gondwana siegreich in die laurasiatische Südfront ein. An den beiden Flügeln dieses Zentralsektors aber, d. h. im Atlantischen und im Indischen Ozean, und wiederum an den gondwanischen Flanken stößt umgekehrt die laurasiatische Front um gleichfalls großartige Beträge gegen Süden vor. Diese **Gegenaktion Laurasias**, die in der Hauptsache vom kanadischen und vom sibirischen Zentralblock ausgeht, erleichtert aber umgekehrt das Eindringen Gondwanas in das laurasiatische Zentrum Europas noch mehr. Laurasia verbiegt sich quasi vor dem anrückenden Gondwana, und Gondwana dringt relativ leicht in diese Verbiegung ein. Dabei entstehen in diesem Block aber auch mächtige seitliche Spannungen; das von Gondwana im europäischen Sektor nach Norden getriebene Material weicht nicht nur in dieser Richtung, sondern auch nach den Seiten hin auseinander. Die Südbewegung der sibirischen und kanadischen Flügel verstärkt noch diese Tendenz. Auf diese Weise wird der östliche Teil Laurasias langsam gegen Osten, der westliche gegen Westen abgedreht, und der zentrale Teil reißt schließlich entzwei und sinkt in ausgedehnten Bruchschollen, von mächtigen vulkanischen Spalten durchsetzt, in die Tiefe. Das ist die Trennung Nordamerikas von Eurasien mit der Öffnung des nördlichen Atlantik. Durch dieselbe wird das Vorrücken Gondwanas in diesen zertrümmerten Zentralsektor abermals erleichtert, und die beiden Fragmente Laurasias werden nun noch viel leichter nach den Seiten abgedreht. Das Resultat dieses naturnotwendigen deutlichen Ausweichens des Nordkontinentes vor dem zentralen Hauptangriff Gondwanas sind einmal die gegen Osten bewegten **Randketten Ostasiens**, andererseits die gegen Westen bewegten **Gebirge Nordamerikas**. An den Ufern des Stillen Ozeans stößt diese Bewegung wie die Gondwanas an die seitlichen Widerlager des großen pazifischen Blockes, und die Ketten Laurasias passen sich dessen Umrissen in ähnlicher Weise an, wie die gondwanischen Gebirge an den Flanken Gondwanas dies getan haben.

Im einzelnen aber sind die Verhältnisse außerordentlich kompliziert. Am Stillen Ozean kombinieren sich die Effekte der Südbewegung der kanadischen und sibirischen Blöcke mit den eben genannten seitlichen Spannungen im laurasiatischen Gesamtblock. Dabei erkennen wir hier abermals, daß die westlichen Ausläufer des alpinen Orogens in Amerika weit enger zusammengerafft und zu weit einheitlicheren Gebirgszügen geschlossen sind als die östlichen in Ostasien. Daneben herrscht in Nordamerika bis hinauf nach Alaska und hinab nach Mexiko die Westbewegung gegen den Pazifik fast unumschränkt. Das süd-treibende Moment ist zwar deutlich in Mexiko, in Südkalifornien und auf Alaska, aber auf dem enormen Zwischenstück zwischen 20° und 60° n. Br. tritt es gegenüber der Westbewegung aller Ketten vollständig zurück. Wohl dringt am Golf von Mexiko, zwischen Cuba und Tampico, auch der Block Laurasias überaus scharf gegen Süden vor, — man betrachte nur den scharfen Bogen der alpinen Ketten in diesem Sektor —, aber einen birmanischen oder malayischen Bogen suchen wir hier in Nordamerika vergebens. In Ostasien hingegen tritt gerade die Südbewegung von Laurasia fundamental in Erscheinung, im großen Vordringen aller alpinen Ketten vom Baikal bis in die Sundainseln hinab, und macht sich der Einfluß einer reinen asiatischen Ostbewegung fast nur im Norden, im Raume zwischen Irkutsk und dem Ozean stärker geltend. Die südlichen Inselbogen Ostasiens zeigen kaum mehr eine selbständige Ostbewegung, auch wenn sie von Celebes an gegen Osten vordringen. Sie sind einfach der am Pazifischen Block zurückgehaltene, an demselben geschleppte linke Flügel der großen von Sibirien und China nach Süden vorgetriebenen Bogenschar des südöstlichen Asiens. Die freie Entwicklung dieser ostasiatischen Bogen erinnert auffallend an die Pazifischen Gebirge des östlichen Gondwana, im australischen Inselreich, sie steht wie jene offenen Guirlanden der Südsee in offenbarem Gegensatz zur räumlichen Geschlossenheit der Gebirge Amerikas.

Wir stehen hier abermals vor den **Wirkungen der Westdrift** des ganzen Systems. Genau wie Gondwana bei seiner Nordwanderung als Ganzes langsam auch gegen Westen driftete, so tut dies, und zwar im gleichen Maße wie Gondwana, auch der Nordkontinent Laurasia während seines Kampfes mit dem Rivalen Gondwana. Die **ganze Masse, Gondwana und Laurasia, mitsamt** dem dazwischen eingezwängten Orogen unterliegt der Wirkung der Gezeiten und rückt somit relativ gegen Westen. Daher erkennen wir die größten Wirkungen der Westdrift an den westlichen und östlichen Rändern des Gesamtblockes, das heißt, in den beiden Amerika, in Ostasien, in Ozeanien und Ostaustralien. Darum auch fehlen solche Wirkungen im Innern dieses Blockes, wie beispielsweise am Westrande Afrikas und Europas, oder am Ostrand der beiden Amerika. Nicht Amerika allein ist nach Westen

gedriftet, oder schneller gedriftet als die Alte Welt, wie WEGENER und auch ARGAND dies annehmen, sondern die ganze Ländermasse en bloc unterlag als solche, als alpin zusammengeschweißte Einheit, samt dem Untergrund des Atlantischen und Indischen Ozeans, der Westdrift. Die beiden Amerika haben sich nicht von Europa und Afrika entfernt oder nur in sehr geringen Beträgen, sondern die beiden Amerika bilden auch jetzt noch mit der Alten Welt — der absolut gesetzmäßige Verlauf der alpinen Leitlinien der Erde zeigt dies zur Evidenz — eine große Einheit. Der Atlantische Ozean ist keine hinter einem westwärts abtreibenden Amerika aufgerissene Spalte, sondern in erster Anlage eine quere, in sich allerdings gegliederte Axendepression zwischen Alter und Neuer Welt, die erst in relativ späten Phasen der alpinen Orogenese an den Brüchen, längs denen die kämpfenden Kontinente schließlich zersplitterten, zum wahren Ozean abgesunken ist. Der Atlantische Ozean ist ein Einbruch wie der Indische, und diese beiden versunkenen Kontinentalschollen tragen wohl zum größten Teil das Wasser, das durch die alpine Orogenese aus den alpinen Meeren der Tethys und der Zirkumpazifischen Geosynklinalen verdrängt worden ist. Zudem mag auch ein Teil des vor Europa gegen Norden gedrängten nördlichen Randmeeres in die atlantischen Bezirke hinüber geflutet sein.

Auf jeden Fall aber zeigt uns die Verteilung der alpinen Gebirge der Erde mit aller wünschenswerten Deutlichkeit, daß Amerika **nicht** im Sinne WEGENERS und ARGANDS von der Alten Welt **abgerissen** worden ist, sondern von jeher in ähnlicher Stellung zur Alten Welt gestanden hat wie heute. So nur verstehen wir das ausschließliche Bestehen der Westdriftgebirge am Westrand Amerikas, das Fehlen derselben am Westrand der Alten Welt, und das Wiedereinsetzen der Westdrifteffekte am Ostrand der Alten, und endlich die großartige Symmetrie in den alpinen Leitlinien der Erde. Nur so verstehen wir das wohlgeschlossene Gesamtbild derselben, in welchem die Gebirge Amerikas in ihrer jetzigen Stellung das zwingende Gegenstück zu den Elementen Ostasiens und Australiens bilden.

Die Effekte der Westdrift sind auf die beiden seitlichen Enden der großen Grundkontinente Laurasia und Gondwana beschränkt, sie fehlen im ganzen Raum zwischen den amerikanischen und den ostasiatisch-australischen Gebirgen.

Ein großer Unterschied zwischen Ost und West bleibt aber noch näher zu betonen. Am Westrand der Kontinentalblöcke sind die Wirkungen der Westdrift in erster Linie in der gewaltigen Zusammenraffung der alpinen Ausläufer zu den geschlossenen Gebirgen der beiden Amerika offenbar. Jeder der beiden großen alpinen Äste des mediterranen Zentralsystems bleibt auch nach seiner Ablösung vom mediterranen

Stamm überaus eng geschart, besonders im Süden. Die breiteste Stelle der Anden mißt bei etwa 20° s. Br. knapp 750 km, die breiteste Stelle der nordamerikanischen Gebirge bei etwa 40° n. Br. etwa 1700 km. Dabei sind die jeweiligen Vor- resp. Rücklandgebirge der Rocky Mountains und der Cordillera Real mit eingerechnet.

Ganz andere Größenverhältnisse erkennen wir aber im Osten. Rund 2700 km trennen nur die Ketten Formosas von den äußersten Vorposten der Marianen, und 2200 km messen wir zwischen dem Vorlandgebirge des Großen Chingan und der japanischen Außenfront. Zwischen dem Westrand der australischen Rücklandkordillere und den äußersten Bogen der Tonga-Fidschi-Inselreihen erreicht das australische Gesamtorogen eine Breite von 4000 km, und auch in einem Schnitt quer von Südwales auf Neuseeland sinkt dieselbe nicht unter 3000 km hinab. Die Entwicklung der Ketten ist hier von einzigartiger Freiheit, dieselben verteilen sich auf ungeheure Räume.

In diesem großartigen Gegensatz zwischen West und Ost spiegelt sich die eigentliche Hauptwirkung der Westdrift. Die amerikanischen Ketten werden zwischen dem nach Westen treibenden Gesamtblock der durch die mediterranen Ketten miteinander verschweißten Kontinentalmassen Laurasias und Gondwanas, und dem starren Block des Pazifik eng aneinandergedrängt, die einzelnen Züge zusammengedrängt und zu hohen Ketten zusammengeschlossen. Die ostasiatischen und australischen Äste der alpinen Ketten hingegen finden, gleichsam im Schatten des nach Westen abdriftenden laurasiatisch-gondwanischen Gesamtblockes, eine gesteigerte Entwicklungsmöglichkeit. Sie füllen gewissermaßen den immer größer werdenden Raum zwischen dem abdriftenden Kontinentalblock und der scheinbar starr verankerten Pazifischen Masse stets von neuem. Sie fließen in den leeren Raum zwischen diesen beiden Blöcken hinein, sie suchen die Verbindung mit dem „ostwärts immer mehr entschwindenden“ Pazifischen Block immer aufrecht zu erhalten. Das Westtreiben Gondwanas und Laurasias läßt quasi die alpinen Ketten Ostasiens und Australiens den Pazifischen Block nie dauernd recht erreichen, und so fügen sich in diesem östlichen Raume immer neue Ketten zu einem Gebirgssystem von gewaltigen Breiten zusammen. Die alpin-mediterrane Kettenschar wird zwar auch im Osten durch die starre Masse des Pazifik gesprengt und in einzelnen Ästen weithin nach Norden und nach Süden abgelenkt. Aber mit dem Zurückweichen des ganzen Systems vom pazifischen Widerstand weg, nach Westen, findet der asiatische Schub von Norden und Westen her gewissermaßen immer neue „Gelegenheit“ zu mächtigen Vorstößen gegen den Pazifik, die „bogegebärende Kraft“ des östlichen Asiens findet schließlich stets wieder ein Nachlassen des pazifischen Widerstandes und vermag so ungehindert immer wieder neue Kulissen gegen den-

selben vorzuschieben. Und in Australien erkennen wir dasselbe Bild. Das australische Gondwanafragment stößt von Süden her gegen den Pazifik vor, aber während es denselben in mächtigem Gebirgsbogen gegen Norden zu erreichen sucht, entfernt es sich mit der Westdrift auch immer wieder etwas von demselben und entstehen in diesem Raume geschwächten Widerstandes immer neue Ketten.

Während wir also im Westen des laurasiatisch-gondwanischen Gesamtblockes eine enge Drängung der zerteilten mediterranen Ketten an der Front der nach Westen driftenden Massen erkennen, sehen wir im Osten sowohl Asien wie Australien die durch das Westtreiben entstehende Leere zwischen ihnen und dem festverankerten Pazifischen Block mit weit gegen den Pazifik vordringenden neuen Kulissen stets wieder ausfüllen. Der asiatische und der australische Block kann dadurch gegen den Pazifik hin ausweichen, und die vor ihnen hergestoßenen Ketten fließen ungehindert in weiten Guirlanden an den Pazifik heran. Daß dieses Ausweichen Ostasiens gegen den Pazifik die große Drehung Eurasiens gegen Osten hin, und damit das Eindringen Gondwanas in Europa erleichtert, sei nur nebenbei bemerkt.

Mit dieser Deutung der pazifischen Ketten nähern wir uns sehr der Ansicht ARGANDS. Der große Unterschied im Bau zwischen amerikanischen und ostasiatisch-australischen Gebirgen wird ebenfalls auf die Westdrift zurückgeführt. Daneben aber möchte ich die ostasiatischen Inselbogen keineswegs mit ARGAND und WEGENER als quasi im Pazifik „passiv zurückgelassene“, gewissermaßen im „Sima“ des Ozeans steckengebliebene Schollen der nach Westen treibenden Kontinentalblöcke auffassen, sondern als aktiv gegen den Pazifik vorgetriebene Bogen, die nur infolge des mit zunehmender Westdrift stets wieder schwindenden pazifischen Widerstandes immer weiter gegen den Pazifik vorgreifen konnten. Dabei hat aber die „bogengebärende Kraft“ Asiens und Australiens stets das deutliche Übergewicht über die Westdrift, denn die von Ostasien und Australien ausgehenden Bogen werden immer und überall durch den pazifischen Block abgelenkt. Daß wir es in Ostasien und Australien mit einem aktiven, durch die Westdrift der beiden Blöcke nur enorm erleichterten Vordrängen gegen den immer wieder relativ zurückweichenden Pazifik zu tun haben, lehrt uns das Bild der ostasiatischen und australischen Gebirgszüge auf das Allerdeutlichste. Wie wäre es bei einem passiven Zurückbleiben der ostasiatischen Inselbogen hinter einem aktiv nach Westen driftenden Kontinent beispielsweise möglich, daß von Korea über Sichota-Alin bis hinauf ans Ochotische Meer der Sinische Block die alpinen Ketten unterfährt, oder wie wäre die Scharung der alpinen Gebirge am Amur zu verstehen, wenn der Kurilenbogen nur durch die „Westdrift“ Eurasiens vom Kontinent abgerissen worden wäre. Oder wie begriffen wir die

jungen Überschiebungen am Baikalsee ohne den gewaltigen Widerstand der Pazifischen Masse, wie endlich das Spiel der Virgationen in den Inselketten Australiens? Das Hauptmoment bei der Bildung all dieser ostasiatischen und australischen Inselbogen ist das aktive Vorrücken Asiens und Australiens gegeneinander und gegen den Pazifik. Das stete Zurückweichen der beiden Blöcke gegen Westen hat dieses aktive Vorrücken nur stark erleichtert und in seinen Formen und Ausmaßen hie und da modifiziert. Die Westdrift vermochte daneben das aktive Vorrücken der Ketten gegen den Pazifik nie ganz zu paralysieren, und die Kräfte, die von den beiden Kontinentalblöcken, Gondwana im Süden, dem östlichen Eurasien im Norden ausgingen, waren oder sind auch heute noch viel gewaltigere als diejenigen, welche die die Westdrift hervorrufenden irdischen Gezeiten zu entwickeln vermochten.

Es tritt somit die Westdrift in ihrer Bedeutung für die Verteilung der irdischen Gebirge sehr stark zurück. Dieselbe kann die primären Anlagen wohl modifizieren, verstärken oder abschwächen, je nach der Lage der Objekte im Raum, aber das Primäre und Leitende für die Verteilung der Gebirge der Erde bleibt die **Bewegung der beiden grossen Grundkontinente gegeneinander und gegen den Pazifik**. Und da schält sich immer deutlicher nun folgendes heraus: (vergl. dazu Fig. 26).

Der Nordkontinent **Laurasia** stößt im **Osten** und im **Westen** gegen **Süden** vor. Der Südkontinent **Gondwana** hingegen treibt in seiner **Gesamtheit** nach **Norden**. In seinem Zentrum tut er dies so gründlich, daß der Nordkontinent dort auf die Seite geschoben wird. Das **große mediterrane Zentralsystem** der alpinen Gebirge entsteht durch dieses **Aufeinanderprallen der beiden großen Grundkontinente**.

Dieses gewaltige primäre Geschehen, das Aufeinanderrücken Gondwanas und Laurasias, dieser große „Kampf zweier Welten“, in dem die mediterranen Gebirge der Erde von Mexiko und Kolumbien durch den Atlantik und Eurasien bis hinüber in die Molukken entstehen, zeitigt nun auch sekundäre Effekte.

In erster Linie wird das Vordringen der beiden Kontinente an ihren Flanken gehemmt durch den ihnen zur Seite liegenden unendlich viel starreren **pazifischen Block**. Dadurch werden die auch vor den Flanken Gondwanas und Laurasias entstehenden Gebirge in ihrem Streichen zurückgebogen, am pazifischen Widerlager im Westen und im Osten geschleppt und weitgehend abgelenkt. Zugleich trachten die beiden Grundkontinente das Hindernis des Pazifik zu überwinden, und löst sich an ihren Flanken eine gewisse seitlich gerichtete Komponente der sonst allgemein vorwärts, gegen den Äquator hin tendierenden Bewegung aus. Die Ostflanken der Kontinente drücken dabei nach Osten, die Westflanken nach Westen. Im Nordkontinent wird diese

seitliche Komponente noch verstärkt durch das gewaltige Eindringen Gondwanas in das europäische Zentrum. Der südliche Block tendiert auf eine Sprengung des nördlichen, und deshalb werden dessen westlichen Teile mit Nordamerika nach Westen, dessen östliche mit Asien gegen Osten getrieben. Diesen **sekundären Effekten** des großen Aufeinanderrückens Laurasias und Gondwanas und dem **Widerstand des pazifischen Blockes** verdanken wir die großen **Ausläufer** des mediterranen Zentralsystems, die **Gebirge Amerikas** im Westen, die **Ostasiens und Australiens** im Osten. Der pazifische Block erzwingt dabei die großartige Virgation der alpinen Gebirge auf den Antillen und den Molukken.

Mit diesen zwei Faktoren: Aufeinanderrücken der beiden Grundkontinente Gondwana und Laurasia, und Ablenkung der primären Schübe nach Osten und Westen durch den Pazifischen Block, wird die große Gesamtform des alpinen Orogens der Erde, wie sie sich aus dem vorhergehenden Kapitel ergeben hat, erklärt.

Nicht erklärt ist aber damit der große Unterschied, der zwischen den westlichen und den östlichen Ausläufern des alpinen Orogens, den Gebirgen Ostasiens und Australiens und denen Amerikas in bezug auf die Intensität ihrer Zusammenstauung und ihre räumliche Verteilung besteht.

Hier erst, an diesem kleinen Detail der großen Gesamtanordnung der irdischen Gebirge, setzt nun die Rolle eines dritten Faktors, die Wirkung der Westdrift der Kontinentalmassen ein. Der ganze, durch das alpine Orogen verschweißte Gesamtblock treibt unter dem Einfluß der Gezeiten unendlich langsam relativ gegen Westen. D. h. er bleibt gegenüber der Gesamtbewegung der Erde immer etwas zurück. Auch da erweist sich der pazifische Block als ungeheuer steife Masse, er scheint an den irdischen Bewegungen überhaupt nicht teilzunehmen. Im Westen stößt nun der Gesamtblock Gondwana-Laurasia an den Widerstand dieses pazifischen Massivs, und die den Flanken Laurasias und Gondwanas entlang laufenden Gebirge Amerikas werden zu engen Bündeln gerafft, am Pazifischen Massiv quasi gestaut. Im Osten hingegen läßt, zusammen mit der Westdrift, der pazifische Widerstand jeweilen etwas nach, und breiten sich die von Ostasien und Australien gegen den Pazifik vorgetriebenen Ostausläufer der alpinen Gebirge ungehindert in weiten Bogen aus. Mit der ganzen Gesamtanlage der alpinen Gebirge der Erde aber hat das Phänomen der Westdrift gar nichts zu tun, dieselbe modifiziert diese Grundanlage nur in durchaus sekundären Formen.

Auf solche Weise sind die alpinen Gebirge der Erde, und damit das heutige Antlitz der Erde überhaupt, auf drei Hauptfaktoren zurückgeführt. Diese Faktoren sind:

1. Das **Gegeneinanderrücken der beiden Grundkontinente Laurasia und Gondwana.**
2. Der **Widerstand** einer den **irdischen Bewegungen** gegenüber **starren pazifischen Masse.**
3. Die **Westdrift** des ganzen durch die **alpinen Gebirge miteinander verschweißten Länderblockes Laurasias und Gondwanas.**

Damit geht das ganze, anfänglich so ungeheuer verwickelt scheinende Bild der heutigen irdischen Struktur zurück auf drei große einfache Grundtatsachen. Dieselben können nun relativ leicht auf ihre weiteren Ursachen hin geprüft werden, und wir gelangen durch ihre Deutung zweifelsohne zur Erkenntnis der tieferen Gesetze der alpinen Gebirgsbildung.

Vorerst jedoch muß noch, wenigstens in aller Kürze, auf einige merkwürdige Altersunterschiede der alpinen Gebirge eingegangen werden, da ein Teil derselben in unlösbarem Widerspruch mit unserer durch die räumliche Verteilung der jungen Gebirge erlangten Auffassung des alpinen Systems der Erde zu stehen scheinen. Betrachten wir daher auch einmal die zeitlichen Differenzierungen im alpinen Orogen.

3. Die zeitlichen Differenzierungen des alpinen Orogens.

Unsere Analyse läßt uns die Gebirge Amerikas, Ostasiens und Australiens nur als seitliche Ausläufer des großen mediterranen Zentralsystems betrachten. Als solche sollten sie die jüngsten Glieder des alpinen Systems der Erde beherbergen. Tatsächlich sehen wir auch, im westlichen Nordamerika beispielsweise, von Alaska über Kalifornien bis nach Guatemala hinab die Spuren einer ganz bedeutenden jungpliozänen Faltungsphase. Desgleichen auf den Sunda-Inseln, vielleicht auch auf den Philippinen und Japan, wo wenigstens noch das Miozän in die alpine Faltung einbezogen ist. Aber daneben erkennen wir gerade ausgerechnet in diesen seitlichen Ausläufern des alpinen Systems, besonders im westlichen, amerikanischen Sektor, aber auch im Osten, auf Neu-Seeland, Australien und Japan, eine ausgeprägte Hauptphase der alpinen Bewegungen schon im Jura. Und zwar ist dieselbe vielerorts so stark, daß sie die späteren, kretazischen und tertiären Faltungen an Intensität und Bedeutung weit übertrifft.

Diese merkwürdige **jurassische Phase**, sie liegt meist im mittleren Malm, bezeichnen wir mit ARGAND kurzerhand als die **andine**; die kretazisch-tertiären Phasen der alpinen Orogenese hingegen, die besonders im mediterranen Sektor ihre große Bedeutung erlangen und

dort die Hauptrolle spielen, nennen wir, um Verwechslungen zu vermeiden, nicht die „alpinen“ im engeren Sinne wie etwa ARGAND, sondern vielleicht besser die **mediterranen**. Die alpine Orogenese umfaßt ja im Grunde genommen sämtliche Bewegungsvorgänge von den geosynklinalen Embryonalphasen über drei große Paroxysmen, den jurassischen, den kretazischen und den tertiären, bis hinauf in die pliozänen und quarzären Nachphasen der alpinen Bewegungen. Aber die vorgosauischen, d. h. in der Hauptsache spät-unterkretazischen, und die tertiären Bewegungen herrschen quasi unbeschränkt in der ganzen Region des mediterranen Zentralsegmentes zwischen Mexiko und den Molukken, während in den seitlichen, amerikanischen und ostasiatisch-australischen Segmenten des alpinen Gesamtsystems, besonders in Amerika die Hauptphase der alpinen Bewegungen an vielen Orten in den Jura fällt. Wir müssen daher in Zukunft einen andinen, in der Hauptsache jurassischen, und einen mediterranen, kretazisch-tertiären Paroxysmus als die zwei Hauptphasen der alpinen Gesamtparoxysmen unterscheiden.

Dieses Auftreten einer jurassischen andinen Hauptphase der alpinen Bewegungen gerade an den seitlichen Enden des ganzen Systems, wo man vielmehr die jüngsten Bewegungen erwarten dürfte — die ja allerdings über gewaltige Strecken ebenfalls vorhanden sind — scheint in der Tat zunächst nur schwer mit unserer Auffassung des alpinen Systems der Erde vereinbar zu sein. Umso weniger noch, als die andinen Bewegungen im ganzen mediterranen Segment, von den Antillen bis hinüber nach Indien, gegenüber den kretazischen und tertiären Dislokationen als verschwindend kleine Äußerungen des orogenen Geschehens vollständig zurücktreten, und nur durch relativ starke embryonale Phasen sich verraten, die wohl großartige Faziesdifferenzierungen in der alpinen Geosynklinale, vielleicht mit vereinzelt Ophiolithintrusionen hervorrufen, bei denen es aber mit ganz geringen Ausnahmen nicht einmal zu Diskordanzen, geschweige denn zu einer wahren Gebirgsdislokation gekommen ist. Das Kimmerische Gebirge zwischen Karpathen und Kaukasus ist eine dieser wenigen Ausnahmen. Wir müssen uns also mit der Tatsache abfinden, daß gerade an den seitlichen Ausläufern des alpinen Gesamtsystems paradoxerweise die ältesten Paroxysmen des alpinen Bewegungszyklus sich bemerkbar machen, während solche im zentralen Segment beinahe fehlen und die andine Bewegung sich dort nur bis zum Range embryonaler Phasen entwickelte.

Die ältesten Paroxysmen des alpinen Systems finden sich also nicht im mediterranen Zentralsegment, sondern gerade in den seitlichen Ausläufern desselben.

Wie läßt sich diese paradoxe Tatsache nun verstehen?

Zunächst tritt klar hervor, daß alle durch die andine Phase im oberen Jura geschaffenen Gebirge auch von den mediterranen Bewegungen des Zentralsegmentes in der Kreide und besonders im Tertiär nochmals erfaßt worden sind. Für das Tertiär können also die amerikanischen und ostasiatisch-australischen Gebirge wirklich als Ausläufer des zentralen mediterranen Segmentes gelten. Aber diese jüngeren „mediterranen“ Phasen vermögen vielenorts die Kraft der älteren „andinen“ Phasen nicht mehr zu erreichen, und ganz zweifellos sind diese andin-jurassischen, vielleicht z. T. auch noch kretazischen Dislokationen die Hauptphasen der ganzen alpinen Orogenese in den amerikanischen Gebirgen gewesen, und um die Tatsache, daß gerade die seitlichen Ausläufer des alpinen Orogens die frühesten Paroxysmen aufweisen, kommen wir daher ganz bestimmt nicht herum.

Muß aber deswegen etwa die ganze Erkenntnis fallen gelassen werden, daß die pazifischen Gebirge nur seitliche Ausläufer des mediterranen Zentralstammes sind? Muß wirklich an dieser Klippe der zeitlichen Diskrepanz die sonst so prachtvoll einfache Deutung des alpinen Systems der Erde scheitern? Ist es da nicht vielleicht natürlicher, angesichts der gewaltigen Gesetzmäßigkeiten im Bau der Erde, die uns unsere neue Auffassung vom Verlauf und der Gliederung der alpinen Gebirge enthüllt hat, nach anderen bisher noch verborgenen spezielleren Gründen für diese merkwürdige Anomalie zu forschen? Wir dürfen uns durch diese zeitlichen Diskrepanzen gar nicht ohne weiteres die Resultate unserer tektonischen Analyse entreißen lassen, sondern wir müssen nach der grandios klaren Gesetzmäßigkeit derselben daran festhalten, daß die amerikanischen und die ostasiatisch-australischen Gebirge tatsächlich die seitlichen Ausläufer des alpinen Systemes sind, und wir müssen vielmehr, auf diese fundamentale Erkenntnis gestützt, die Frage stellen: wieso kommen gerade diese seitlichen Ausläufer des alpinen Gesamtorgens zu den frühesten Paroxysmen?

Betrachten wir das ganze System. Dann wird die Lösung dieses Problems die denkbar einfachste.

Die tektonischen Komplikationen im mediterranen System Eurasiens enthüllen uns einen ganz gewaltigen Zusammenschub der in das alpine Orogen einbezogenen Erdrindenteile. Man denke nur an die Deckenhaufen der Alpen, der Betischen Kordillere usw. Kein einziges pazifisches Segment Amerikas, Ostasiens oder Australiens zeigt auch nur entfernt etwas Ähnliches. Die andinen, ostasiatischen und australischen Gebirge sind gegenüber der mediterranen Kettenschar von geradezu lapidar einfachem Bau. Daraus ergibt sich aber sofort eine ungleich viel größere Breite der mediterranen Tethys gegenüber den Sedimentationsräumen der Pazifischen Gebirge. Dazu verrät gerade die Fazies der andinen Sedimente, daß die andine Geo-

synklinale in vielen Gebieten überaus **schmal** gewesen ist, und endlich besteht ein sehr großer Teil des amerikanischen Orogens aus mächtigen Vor- resp. Rücklandketten, in denen die alten Sockel Laurasias und Gondwanas selber, aber keine geosynklinalen Serien mehr zu ausgedehnten Gebirgen deformiert erscheinen.

Es fanden somit sowohl Gondwana wie Laurasia bei ihrem gegenseitigen Vorrücken an ihrer Frontseite eine breite labile Geosynklinale, die vielenorts direkt ozeanische Tethys; an ihren Flanken hingegen waren sie von allem Anfang an nur durch relativ sehr schmale etwas mobilere Streifen vom Block des Pazifik getrennt. Solange labile, leicht deformierbare Zonen zwischen Gondwana, Laurasia und Pazifischem Block eingeschaltet waren, wurden diese schwachen Streifen regelmäßig zusammengeschoben und damit nur die Geosynklinale in sich differenziert. Sobald aber diese Zusammenpressung einen gewissen Grad überschritten hat, kommt es zu direktem Zusammenprall der Blöcke, d. h. zu einem wahren Paroxysmus. Im Raum der breiten Tethys ließ nun selbstverständlich dieser Zusammenprall weit länger auf sich warten als beidseits derselben in den schmalen andinen und ostasiatisch-australischen Sedimentationsstreifen. Sowohl Gondwana wie Laurasia mußten daher naturnotwendigerweise viel früher auf den starren Block des Pazifik stoßen als gegeneinander selbst. Gondwana und Laurasia erreichten in hartem Zusammenstoß den Pazifischen Block schon zu einer Zeit, wo sie selber noch durch eine breite plastische Tethys weit voneinander getrennt waren. Erst viel später gerieten dann auch Gondwana und Laurasia selber infolge der stets fortschreitenden Zusammenpressung der zentralen Tethys aneinander, und deshalb sehen wir die mediterranen Segmente des alpinen Systems erst in Kreide und Tertiär, die pazifischen aber schon im Jura ihre großen Paroxysmen erreichen. An den pazifischen Flanken der gegeneinandergetriebenen Blöcke kam es schon im Jura zu heftigem Zusammenstoß mit dem pazifischen Widerlager, zu einer Zeit, als zwischen Gondwana und Laurasia noch weites offenes Geosynklinalmeer lag (s. Fig. 28).

Dieser erste jurassische Zusammenprall Gondwanas und Laurasias mit dem Pazifischen Block schuf in mächtigem Paroxysmus die pazifischen Gebirge der andinen Bewegungsphasen. Und zwar, wiederum infolge der Westdrift des ganzen Bewegungsapparates, ganz besonders



Fig. 28. Die Ursachen der frühen andinen Paroxysmen.

kräftig vorgehend im amerikanischen Westsektor. Im Osten wurde die Begegnung Laurasias und Gondwanas mit dem Pazifischen Block infolge des Westtreibens der vorrückenden Blöcke eher verzögert und abgeschwächt, und so sehen wir denn auch die andinen jurassischen Phasen der alpinen Gebirge weitaus zur Hauptsache auf den andinen Sektor, auf Amerika beschränkt. Indem nun aber Gondwana und Laurasia auch nach dem Zusammenschub der ersten andinen Ketten unentwegt weiter gegeneinander rückten und schließlich im Tertiär zwischen sich die Ketten des mediterranen Zentralsegmentes türmten, kam die Bewegung an ihren Flanken quasi nie mehr zur Ruhe, und die andinen Ketten der jurassischen Hauptphase wurden nun fortwährend, durch den oberen Jura, die Kreide und das Tertiär stets wieder neu deformiert. Zerbrochen, verschoben, neu gefaltet, aufgerissen, mit gewaltigen magmatischen Intrusionen wiederum verschweißt, und schließlich weitgehend im Streichen deformiert und endgültig in die Höhe gepreßt. Gleichzeitig wird immer stärker auch das bis anhin starre laurentische und brasilianisch-argentinische Rückland der jurassischen Ketten in die allgemeine Deformation hinein gezogen und entstehen, vom stets unerschütterlich starren Massiv des Pazifik abgekehrt, die großen „Vorlandgebirge“ der Rocky Mountains und der bolivianisch-argentinischen Vorkordilleren.

Das ist der große Unterschied zwischen den mediterranen und den andinen, allgemeiner den pazifischen Ketten der Erde. Die **mediterranen** Gebirge machen infolge des breiten Zwischenraumes zwischen Gondwana und Laurasia, im Gebiet der mächtigen Tethys, eine ruhige und langsame, beinahe ungestörte und harmonische Entwicklung durch bis zu dem einen großen mediterranen Paroxysmus in Kreide und Tertiär. Die **andinen** Gebirge hingegen stoßen infolge der schon primär sehr schmalen Zone zwischen den schiebenden Blöcken und dem starren Pazifik schon sehr bald auf den letzteren, sie schieben sich bereits im Jura am pazifischen Widerstand fast vollständig zusammen. Aber von da an bis zum endgültigen Zusammenprall **Gondwanas und Laurasias** kommt dieser andine Erd-rindenstreifen **überhaupt nie mehr zur Ruhe**. Durch Jura, Kreide und Tertiär wird der pazifische Rand beständig umdeformiert und neu aufgewühlt bis zu dem Zeitpunkt, wo endlich auch die letzten seitlichen Ausstrahlungen der mediterranen Bewegungen im obersten Tertiär seitlich ausgeklungen sind. Ist es bei diesem durch Jura, Kreide und Tertiär mit beispielloser Zähigkeit gegen das Bollwerk des Pazifik geführten Kampf ein Wunder, daß der Austritt magmatischer Massen gerade hier, im Umkreis des Pazifik eine derartige Bedeutung erlangt? Der „Feuerkranz des Pazifik“ ist samt dem großen „Granodioritstamm“ der Gebirge beider Amerika in aller Klarheit tiefbegründet durch die durch

ganze geologische Epochen andauernde Quälerei dieses merkwürdigen, schon im Jura zusammengestoßenen Erdrindenstückes. Daß daneben der einfache, man möchte fast sagen aufrechte Bau der jurassischen Anden das posttektonische Aufsteigen der Magmen viel leichter zuließ als die gewaltigen Falten- und Deckenwülste des mediterranen Orogens, bedarf wohl keines weiteren Hinweises.

Damit dürften die zeitlichen Diskrepanzen zwischen den pazifischen, besonders den amerikanischen, und den mediterranen Segmenten des alpinen Orogens mit den Resultaten unserer tektonischen Analyse in harmonischen Einklang gebracht sein. Dieselben fügen sich bei näherem Zusehen ganz natürlich in unseren allgemeinen Rahmen ein.

Die im vorigen Kapitel ausgeführten Gedankengänge bestehen somit völlig zu Recht, und wir dürfen daher nunmehr ohne Gewissensbisse dazu übergehen, die durch unsere Analyse herausgeschälten Grundfaktoren der alpinen Orogenese der Erde auf ihre weiteren Ursachen hin zu untersuchen.

III. Die Ursachen des alpinen Bewegungsmechanismus der Erde

Daß die Westdrift auf die Wirkung der Gezeiten zurückgeht, dürfte wohl allgemein angenommen werden und ist ohne weiteres verständlich. Näher zu diskutieren aber bleiben das Gegeneinanderrücken von Laurasia und Gondwana, und der merkwürdige halsstarrige Widerstand der Pazifischen Masse allen alpinen Bewegungen gegenüber. Betrachten wir zunächst einmal diesen letzteren.

1. Die Entstehung der Pazifischen Masse

Unsere bisherigen Untersuchungen haben mit aller Deutlichkeit gezeigt, daß die Türmung der alpinen Gebirge der Erde, so kompliziert auch deren Linienführung zunächst erscheinen mag, im tiefsten Grunde zurückgeht auf die Bewegung der beiden großen Grundkontinente gegeneinander und gegen den Pazifik. Laurasia und Gondwana rücken bei der Türmung der alpinen Gebirge gegeneinander und stoßen dabei auf ihren Flanken zugleich auf den entschieden viel steiferen Pazifischen Block. Derselbe verhält sich gegenüber der Bewegung dieser mächtigen Kontinentalblöcke absolut passiv, er dämmt sogar mit monumentaler Gebärde deren Bewegungsmöglichkeiten auf beiden Seiten ganz beträchtlich ein. Der Pazifische Block bildet gewissermaßen den starren Rahmen, innerhalb welchem die großen Kontinentalschollen sich

verschieben, und den sie, auch mit ihren gewaltigsten Bewegungen, nicht zu sprengen imstande sind. Beide Kontinente versuchen zwar, an ihren beiden Flanken dieses widerspenstige starre pazifische Widerlager zu überwinden; aber es gelingt ihnen nicht, und sie werden im Gegenteil ihrerseits gezwungen, sich weitgehend ganz bescheiden dem Umriß des Pazifischen Blockes anzupassen. So umfließen die Gebirge der Erde die Pazifische Masse, und die Umgrenzung der heutigen Kontinente schmiegt sich deren Umriß an. Auch gegenüber der Westdrift der Kontinentalmassen, Laurasias und Gondwanas, verhält sich der Pazifische Block absolut passiv und renitent. Er nimmt an derselben gar nicht teil, sondern staut vielmehr durchaus selbstherrlich die Westdriftbewegung am Westrand beider Amerika, und bleibt gegenüber den westtreibenden Blöcken Asiens und Australiens zurück. **Der Pazifische Block verhält sich zu den irdischen Kontinentalmassen passiv, eigensinnig und renitent** in jeder Beziehung. Die irdischen Bewegungen lassen ihn kühl, er trotzt denselben in großartigster Souveränität.

Dieser eine große Grundzug der irdischen Gesamtstruktur kann nur erklärt werden durch eine ganz besondere durchaus eigenartige **Beschaffenheit des pazifischen Untergrundes**. Der Stille Ozean muß einen ganz anderen, vor allem viel dichteren und daher viel weniger kompressiblen Unterbau besitzen als wir ihn beispielsweise von den Kontinenten kennen. Damit gelangen wir auch von unseren neuen tektonischen Gesichtspunkten aus zu demselben Grundresultat wie WEGENER und ARGAND, und vor ihnen schon die modernen deutschen Geophysiker, nämlich, daß der Untergrund des Pazifik ein ganz bedeutend **dichteres** und **homogeneres Gefüge** habe als die umliegenden Kontinentalblöcke, und vor allem auch als alle anderen Ozeanböden.

Die neueren Untersuchungen der modernen **Geophysik** haben in der Tat immer mehr zu der Erkenntnis geführt, daß das Gebiet des Pazifik sowohl in physikalischer wie in chemischer Beziehung etwas Besonderes auf der ganzen Erde darstellt. Hier treffen wir die größten Durchschnittsdichten der Eruptivgesteine, hier die weitaus größte Inkompressibilität, die größte Starrheit, hier die größte sog. Extinktion der Erdbebenwellen, und hier auch notieren wir die größten bekannten Schweren, d. h. die größten Schwereüberschüsse. Der Atlantische Ozean beispielsweise bleibt in allen diesen Beziehungen scharf vom Pazifik getrennt. So entfernt sich zunächst schon die errechnete Durchschnittsdichte der atlantischen Eruptivgesteine, d. h. der Gesteine des Atlantik, mit 2,85 nur um einen minimalen Betrag von 0,09 von den Durchschnittsdichten der Eruptiva der Kontinentalmassen, während der Pazifik mit einem Durchschnitt von 3,05 weit über dem irdischen Mittel steht. Das Mittel des Atlantik ist zudem beinahe

das Mittel der Antarktis. Sodann hat GUTENBERG auf Grund der modernen Erdbebenforschung die Inkompressibilität der Erdkruste im Gebiet des Pazifik bis auf Tiefen von 20 km beinahe doppelt so groß gefunden als im Atlantik, und bis zu 20 km Tiefe verhält sich dabei der Boden des Atlantik ganz gleich wie der Eurasiens oder Nordamerikas. Der sog. „Inkompressibilitätsfaktor“ beträgt für:

	Eurasien-Amerika	Atlantik	Pazifik
in der Tiefe von			
0 km	4,75	4,75	9
20 „	5	5,25	10
40 „	5	11	11
50 „	5,33	11,5	11,5

Die Inkompressibilität des pazifischen Untergrundes ist danach sogar noch bei 50 km Tiefe mehr als doppelt so groß wie diejenige der Kontinentalblöcke.

Daneben bestehen, gleichfalls nach GUTENBERG, in der Riegheit der Erdkruste große Unterschiede zwischen Eurasien-Amerika, dem Atlantik und dem Pazifik. Der Starrheitskoeffizient des eurasiatisch-nordamerikanischen Kontinentalblockes steht noch in 50 km Tiefe mit 3,4 dem viel größeren des Pazifik, mit 6,0 gegenüber. In 20 km Tiefe sind die Starrheitskoeffizienten für die Kontinentalblöcke und den Atlantik mit 3,1 einander gleich, sie stehen beide auch hier tief unter der Starrheit des Pazifik, dessen Koeffizient hier noch 5,0 erreicht. Und endlich ist die sog. Extinktion oder Schwächung der Oberflächenwellen der großen Erdbeben im Pazifik weitaus die größte. Nach GUTENBERG beträgt der Extinktionsfaktor in Eurasien 0,00017; im Atlantik und in Südamerika 0,00013; im Pazifik aber 0,00020—0,00035.

So weist denn heute eine ganze Reihe geophysikalisch gesicherter Tatsachen mit großer Übereinstimmung auf dasselbe Resultat hin, zu dem uns ganz unabhängig von jeder geophysikalischen Betrachtung unsere tektonischen Studien geführt haben, nämlich daß der Untergrund des Pazifik einen gewaltigen starren Block von weit größerer Dichte beherbergen muß als die umgebenden Kontinente und die anderen Ozeanböden. Dieses dichtere Material des pazifischen Untergrundes aber kann vom petrographischen Standpunkte aus gar nichts anderes sein als eine fast homogene Masse schwerer basischer Gesteine, d. h. gewissermaßen ein dicker Panzer erstarrter basischer Magmen.

WEGENER und ARGAND bezeichnen diese basischen Massen ganz allgemein nach dem Vorgang von EDUARD SUESS als das **Sima** und stellen dasselbe der leichteren sauren Oberschicht der Erde, dem **Sal** gegenüber. Nach ihnen bestehen die Kontinente der Erde aus gewaltigen Blöcken des Sal, die Böden der Ozeane aber zum größten Teil oder gar

ganz aus bloßgelegten Massen von Sima. Dieses allgemeine Bild trifft aber sicher nicht zu, denn wir sehen ja mit größter Deutlichkeit, daß die großen Ozeane der Erde sich in jeder Beziehung ganz verschieden verhalten und daß sie daher niemals in ihrer Gesamtheit aus demselben Material bestehen können. Der Atlantische Ozean beispielsweise zeigt die Dichte und Kompressibilität der umgebenden Kontinente, in großem Gegensatz zum Pazifik, der unter den irdischen Ozeanen ganz zweifellos eine Sonderrolle spielt. Die alpinen Gebirge durchsetzen den Atlantik, dem Pazifik aber weichen sie als einer Masse von einzigartiger Steifheit und Dichte aus und umfließen ihn. Daneben ist, wie eben dargelegt, die innere Starrheit gerade des atlantischen Unterbaues eine viel geringere als die des pazifischen. Wir dürfen daher in keiner Weise für alle Ozeane denselben, einfach simatischen Untergrund annehmen und müssen die ursprüngliche These von WEGENER in erster Linie ganz bedeutend modifizieren.

Ich möchte dabei in Verfolgung der Gedankengänge GOLDSCHMIDTS und einiger eigener früherer Darlegungen etwa folgendes erkennen:

Die Erde zeigt im Großen, wie schon SUESS u. a. angenommen haben, einen echten **Schalenbau**. Zu äußerst liegen die leichten sauren Silikate als mächtiger erstarrter Steinmantel der Erde. Darunter erscheint eine hochkomprimierte, latent plastische Zone basischer Zu-



Fig. 29. Der Schalenbau der Erde.
(Nach V. M. GOLDSCHMIDT und R. STAUB.)

- Punkte = Steinmantel
- Schwarz = Magmazone (Eklogitschale)
- Hachiert = Erzschale
- Schwarz = Nickeleisenkern

sammensetzung, die bei der geringsten Druckentlastung in Schmelzfluß übergeht, und die damit die wahre Heimat der basischen Magmen ist. Unter dieser „latenten“ Magmazone folgen dann die inneren metallischen Kerne der Erde, zunächst eine mächtige Schale sulfidischer und oxydischer Erze und schließlich der Nickel-Eisenkern. Für die geologische Entwicklung der Erde vor allem wichtig sind die beiden obersten Schalen des Planeten, d. h. die Steinschale und die „latenten“ Magmazone. Und da erkennen wir nun folgendes:

Die **Steinschale** der Erde ist in verschiedenen Gebieten von ganz verschiedener Dicke. In den Kontinenten sind die äußeren Rindenteile seit den ersten Anfängen der Erdgeschichte durch immer wieder einsetzende Faltungen ganz enorm zusammengehäuft worden, zu relativ dicken Schollen leichteren Materials. Dem gegen-

über erscheint die feste Rinde in den Geosynklinalgebieten, die ja mit einer gewissen Leichtigkeit von den kontinentalen Schollen zusammengestoßen werden, bedeutend dünner und schwächer, da dringt das unterliegende Magma mit besonderer Vorliebe und Leichtigkeit ein. Der Steinmantel der Erde ist also, zumindest soweit wir es heute beurteilen können, in seiner Dicke den größten Schwankungen unterworfen (vergl. Fig. 1).

Die unterliegende **Zone basischer Magmen** kann unter der enormen Überlastung durch den festen Steinmantel und den gewaltigen hydrostatischen Drucken im Innern der Erde sehr wohl über die größten Strecken in festem Zustande sein und dabei in der dichtesten Fazies basischer Gesteine, als **Eklogit** die mächtige Basis des erstarrten Steinmantels bilden. Das ist die „Eklogitschale“ GOLDSCHMIDTS. An der Grenze von Steinschale und Eklogitschale kann es dabei zu mannigfachen Reaktionen kommen, ein tieferer Teil der leichteren Steinschale wird gleichfalls ein gewisser latenter Magmabrei sein. Bei der geringsten Druckentlastung aber verflüssigen sich große Teile der Eklogitschale und gehen über in basische Stammagmen.

Bis hierher ließe sich immer noch die alte SUESSsche Einteilung in Sal und Sima beibehalten. Das Sal wäre der leichte erstarrte Silikatmantel, das Sima die Zone der basischen Magmen oder die Eklogitschale. Aber die moderne Petrographie lehrt, daß durch Differenziation aus diesen basischen Magmen hochsaure salische Derivate hervorgehen, daß das basische Magma somit die ursprüngliche Heimat auch der sauren, salischen Gesteine ist. Die salischen Gesteine gehen überall durch **Differenziation** direkt aus basischen Stammagmen hervor. Wo immer das Magma der Tiefe die nötige Zeit zu solcher Differenziation findet, da sondert sich durch fortschreitende Kristallisation mehr und mehr eine schwere basische Unterschicht von einer leichten sauren Oberschicht ab. Diese normale Differenziation der Magmen nach der Schwere treffen wir daher, wenn auch oft in überaus kompliziertem Verlaufe, überall unter den dicken Sockeln der Kontinente, wo das Magma der Tiefe sich nur langsam abkühlen kann und daher ganz allmählich und ungestört erstarren, d. h. kristallisieren kann. Aus diesem Grunde herrschen in diesen Kontinentalblöcken immer und überall die sauren Gesteine, im besonderen die Granite und deren Derivate, die Gneise, vor, und gelangt basisches gewissermaßen undifferenziertes Magma nur auf Rissen und Sprüngen derselben bis an die Oberfläche. Das sind die Basaltreihen der irdischen Graben- und Bruchsysteme. Wo hingegen aus irgend einem Grunde ein in großer Tiefe unter hohen Temperaturen stehendes, kaum erst seine Kristallisation einleitendes Magma über größere Flächen plötzlich und unvermittelt zur Abkühlung kommt, da findet dasselbe bei seiner nun rasch sich ab-

wickelnden Kristallisation gewissermaßen nicht mehr die Zeit, sich stärker zu differenzieren, es erstarrt in seiner Gesamtheit zu einem basischen Gestein.

So finden sich solche basischen undifferenzierten Gesteine mit besonderer Vorliebe auch in den echten labilen Geosynklinalen, wo die feste Gesteinskruste gegenüber den Kontinentalblöcken nur relativ dünn und schwach ist. Da dringt das Magma der Tiefe daher überaus rasch und leicht bis an die Oberfläche oder in die obersten, eben zur Ablagerung gelangten Sedimente vor, es findet dabei nicht mehr Zeit, sich zu differenzieren und saure Fraktionen abzuspalten, sondern es erstarrt rasch zu den schwach oder gar nicht differenzierten basischen Gesteinen der bekannten, für die Geosynklinalen geradezu typischen Ophiolithgruppe. Diese Ophiolithgruppe repräsentiert am ehesten

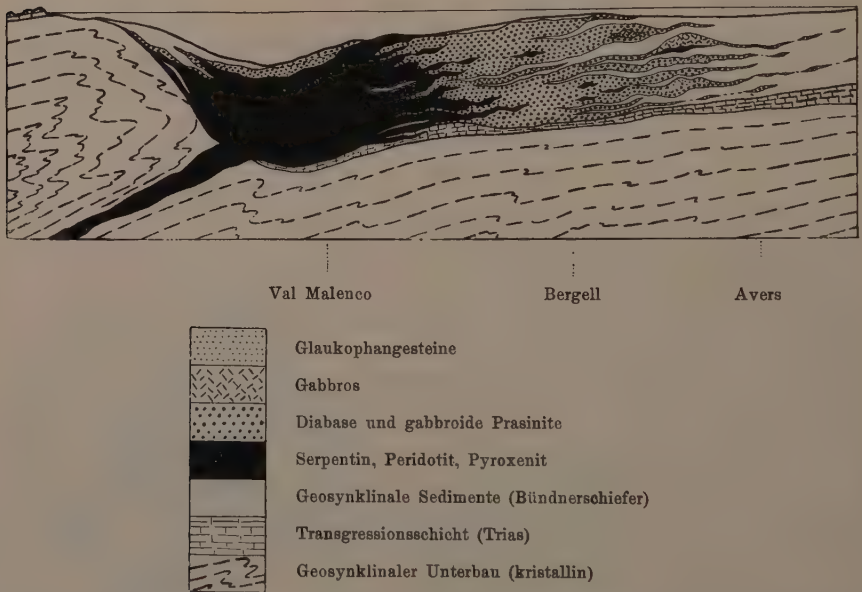


Fig. 30. Beispiel der schwachen ophiolithischen Differenziation aus der penninischen Geosynklinale der Alpen.

(Aus R. STAUB, Bau des Monte della Disgrazia, 1921; vergl. dazu R. STAUB, Geol. Karten Bregaglia und Avers.)

das Stammagma der Tiefen, und diese Ophiolithgruppe verdiente daher wohl mit Recht, den beiden großen Hauptfamilien der irdischen Eruptivgesteine, der „pazifischen“ und der „atlantischen“ Sippe als eine dritte durchaus selbständige Einheit gegenübergestellt zu werden. Die Ophiolithe sind gewissermaßen die Tiefenfazies der irdischen Eruptiva, sie enthalten in ihrem undifferenzierten Zustande auch die

Grundstoffe der beiden anderen großen Gesteinssippen und sie sind in der Tat in ihrem Chemismus weder rein atlantisch, noch rein pazifisch, sondern sie stellen mit ihrem sog. „schwachatlantischen“ Charakter sozusagen ein Mittelding zwischen beiden Typen dar. Diese **Muttersippe** der „atlantischen“ und der „pazifischen“ Gesteinsfamilien nennen wir die **Ophiolithsippe**.

Diese Ophiolithsippe ist auf die Geosynklinalen der Erde, und zwar zu allen Zeiten nur auf diese beschränkt, sie findet sich nicht in den Kontinentalblöcken, und sie dringt auch nicht mehr in die fertigen Gebirge ein. Dort ist eben das Magma der Tiefe durch eine mächtige Rindenhäufung vor rascher Abkühlung und damit vor beschleunigter Kristallisation geschützt, da findet das gleiche basische Magma, das in den Geosynklinalen undifferenziert in Form der Ophiolithe erstarrt ist, ruhig Zeit zu völliger Differenziation, zu einer sauberen Abspaltung mächtiger saurer Fraktionen, und darum finden wir in den kontinentalen Blöcken und in den fertigen Gebirgen zur Hauptsache nur saure Intrusionen. Die großen posttektonisch intrudierten Granodiorit- und Granitzonen der fertigen Gebirge stellen nur hochdifferenzierte Fraktionen des gleichen Magmas dar, das während der geosynklinalen Phase des gleichen Gebirges undifferenziert in Form der Ophiolithe in seinen Sedimenten und seinem geosynklinalen Unterbau erstarrt ist.

Eine reiche Fülle von Problemen knüpft sich an diese Gedankengänge und die moderne Petrographie findet in der Erforschung weiterer Zusammenhänge hier ein großartiges Arbeitsfeld. Für den Geologen und Geophysiker aber bricht in aller Schärfe folgende wichtige Erkenntnis daraus hervor:

„Sal“ und „Sima“ sind in keiner Weise die großen Gegensätze, die man bisher in ihnen sah. „Sal“ und „Sima“ sind vielmehr eng miteinander verbunden, das „Sal“ geht gewissermaßen ganz gesetzmäßig auch heute noch durch reine Differenziation aus dem basischen „Sima“ hervor. Was sich hingegen in fundamentalem und für die Geschichte und die Entwicklung der Erde entscheidendem Gegensatz gegenübersteht, das ist der seit langem erstarrte Steinmantel, die feste Kruste, und die latent plastische Zone der basischen Magmen, die Eklogitschale.

„Feste Kruste“ und „latente Magmenzone“ oder kürzer einfach „**Kruste**“ und „**Magmazone**“ mögen daher langsam die Begriffe des „Sal“ und des „Sima“ ersetzen.

Dabei ist nie zu vergessen, daß diese große irdische Magmazone in der Regel zu einer festen Schale komprimiert ist, die aber auf jede leiseste Druckentlastung, jede geringste Bewegung der festen Kruste, durch spontane Verflüssigung reagiert, und die damit gegenüber der erstarrten Kruste eine hochgradige Plastizität aufweist.

Kehren wir nun zurück zum Pazifik und ziehen wir aus allen diesen Dingen eine Lehre für die **Geschichte des Stillen Ozeans**, so erkennen wir langsam etwa folgendes:

Der ganze Untergrund des Pazifik ist ein allen irdischen Bewegungen gegenüber in jeder Beziehung starrer Block. Seine Zusammensetzung muß daher notgezwungen absolut verschieden vom Material der umgebenden Kontinente sein. Diese unerschütterliche Starrheit des pazifischen Untergrundes läßt sich nur verstehen, wenn derselbe fast als Ganzes eine bedeutend höhere Dichte besitzt, die ihn gegenüber den umliegenden Kontinentalmassen als inkompressible Masse auszeichnet. Als solches dichteres Material, das ja nach den Resultaten der Schwere-messungen auch aus isostatischen, des ferneren auch aus erdmagnetischen und seismischen Gründen gefordert werden muß, kann nur ein mächtiger Panzer basischer Gesteine, seit langem selbstverständlich bedeckt von einer dünnen sedimentogenen Oberhaut, d. h. kristallinen Schiefern und Sedimenten, in Frage kommen. Und wenn basische Magmen in der Umgebung des Pazifik ganz besonders gerne auftreten, es sei nur an die Ophiolithzonen der australischen Inselketten, der Molukken oder Nord-amerikas erinnert, so können wir in denselben gewissermaßen junge Ausläufer der großen basischen Magmenzone des Pazifik sehen. Ein Teil derselben dringt ja durch die zentrale Tethys sogar bis nach Europa hinein. Die basische Natur des pazifischen Unterbaues wird auch durch diese Tatsachen ganz enorm gestützt.

Es beherbergen also sowohl der Untergrund des Pazifik als der Unterbau der Geosynklinalen basisches Material. Daneben aber besteht zwischen Pazifik und Geosynklinalen ein fundamentaler Unterschied. Während wir im Untergrunde der Geosynklinalen mit großer Gewißheit schon die eigentliche undifferenzierte Magmazone vor uns haben, die auf jede leiseste Druckentlastung durch sofortige Verflüssigung reagiert, oder die vielleicht schon primär unter der dünnen Rinde der Geosynklinalen über weite Strecken flüssig ist und in den geosynklinalen Unterbau intrudiert, müssen wir im Pazifik vielmehr eine gewaltige seit langem schon zu echten Eruptivgesteinen erstarrte Masse basischer Magmen annehmen. Nur so können wir die abnorme Starrheit des pazifischen Untergrundes verstehen. Hätten wir auch hier im Pazifik wie in den Geosynklinalen die primär basische Magmazone, das primäre „Sima“ vor uns, so würde dieselbe infolge der durch die Schwere-messungen und die seismischen Beobachtungen zur Evidenz erwiesenen nur dünnen salischen Überlagerung auf gewaltige Strecken verflüssigt werden, d. h. der starre Widerstand des Pazifik, den wir nach dem Verlauf der heutigen Gebirge und dem Verhalten der Erdbebenwellen annehmen müssen, wäre ganz illusorisch. Die basische Masse im pazifischen Untergrund muß daher bis in große Tiefen hinab, etwa bis

auf die sog. „Ausgleichsfläche“ der Geophysiker in rund 60 km Tiefe, (nach GUTENBERG), im Zustand völliger Erstarrung sein, und wir müssen im pazifischen Untergrund daher einen direkten **Panzer** längst erstarrter basischer Magmen annehmen. Jede andere Hypothese über den Unterbau des Stillen Ozeans stößt heute, sowohl vom tektonischen wie vom geophysikalischen Standpunkte aus auf unlösbare Widersprüche.

Was sagt uns nun dieser ungeheure basische Panzer im Untergrunde des Pazifischen Meeres? Ist es unter normalen ungestörten Verhältnissen überhaupt möglich, daß eine Magmenmasse über die ganze riesige Fläche des Pazifik in der Hauptsache nur zu den dichten basischen Gesteinen erstarrt, die wir nach dem Verhalten der beiden großen Kontinentalblöcke dem Pazifik gegenüber unbedingt annehmen müssen? Die moderne Petrographie lehrt, die basischen Gesteine als Erstarrungsprodukte eines gar nicht oder nur schwach differenzierten Tiefenmagmas zu betrachten, das infolge rascher Abkühlung nicht die nötige Zeit zu vollendeter normaler Differenziation nach den Gesetzen der Schwere gefunden hat. Wir müssen daher annehmen, irgend ein Ereignis hätte im ganzen Gebiet des Pazifischen Ozeans kaum differenziertes Magma der Tiefe ganz unvermittelt an die Oberfläche der Erde oder in deren unmittelbare Nähe gebracht und so dessen plötzliche Erstarrung über ungeheure Flächen erzwungen. Dieses Ereignis muß von ganz einzigartiger Art gewesen sein, denn nirgends auf der Erde finden wir eine Masse von solcher Steifheit und Dichte in derartiger Ausdehnung wie im Gebiet des Stillen Ozeans. Auch EDUARD SUESS räumte dem Pazifik in seiner Entstehung eine Sonderstellung unter den irdischen Meeren ein.

Von diesen Gesichtspunkten aus erscheinen nun die Ideen H. W. PICKERINGS und G. H. DARWINS, die den Stillen Ozean drastisch als das „Loch“ bezeichneten, aus dem sich vor urdenklichen Zeiten der Mond abgelöst habe, in neuem Lichte. Die **Abtrennung der Mondmasse** könnte sehr wohl die rasche Erstarrung tiefer magmatischer Massen auf größter Fläche bewirkt haben, die wir heute im Gebiet des Stillen Ozeans annehmen müssen, und wir hätten dann eine gewisse Erklärung für die eigenartige Sonderstellung des Pazifischen Blockes im ganzen irdischen Bau. Aber warum der Mond sich gerade dort von der Erde gelöst hätte, darüber besitzen wir im Baue der Erde absolut keine Anhaltspunkte mehr.

Versuchen wir aber trotzdem einmal in diese fern zurückliegenden Zeiten einzudringen. In erster Linie müssen wir uns vorstellen, daß die Erde damals nur in einem sehr wenig vorgeschrittenen Stadium der Erstarrung sich befunden hat. Einzelne Teile ihrer Oberfläche mögen schon zu dünnen, aber ausgedehnten dunklen Schlackenfeldern erstarrt und unter dem Einfluß der Rotation zu unregelmäßigen Haufwerken, den Urkontinenten zusammengetrieben worden sein. Dazwischen

dehnten sich mächtige glühende Lavameere. Gewaltige irdische Protuberanzen schleuderten damals ihre Fackeln weit in den dunklen Weltenraum hinaus, die Beweglichkeit der Massen war eine enorme. Stellen wir uns vor, die heutigen infolge stets neuer Aufschmelzungen immer wieder verschwindenden Sonnenflecken würden zu einer konstanten und immer mehr überhandnehmenden Erscheinung an unserem Zentralgestirn, d. h. die bloßen „Verdichtungen“ der Sonnenmaterie, die die Sonnenflecken bilden, wüchsen sich zu eigentlichen permanenteren Schlackenansammlungen aus, so können wir uns, von den Größenverhältnissen abgesehen, etwa ein Bild vom damaligen Zustand unserer Erde machen.

Daneben war die Rotationsgeschwindigkeit des Erdkörpers in jenen frühen Zeiten eine ganz bedeutend größere. Fehlte doch damals noch die verzögernde Wirkung des Mondes, der seit seiner Loslösung durch seine Massenanziehung die rotierende Erde gewissermaßen zu bremsen versucht. Die Westdrift der Kontinente beispielsweise ist ja nur eine spezielle Äußerung dieser bremsenden Tendenz unseres Trabanten. Die Intensität dieser Bremswirkung nun nimmt theoretisch in der dritten Potenz der Entfernung des Mondes von der Erde ab; nach den Darlegungen DACQUÉS aber infolge der damit verbundenen Massenabnahme des auf der Erde erzeugten „Flutberges“ erst noch im Quadrat derselben. Die Verzögerung der Erdrotation durch die Mondmasse nimmt also mit zunehmender Entfernung des Mondes von der Erde in der sechsten Potenz derselben ab. Sie ist heute beispielsweise über 4000mal kleiner als zu jener Zeit, da der Mond erst ein Viertel des heutigen Abstandes von der Erde besaß. Wir erkennen damit, wie gewaltig die verzögernde Wirkung des Mondes auf die Rotation der Erde in den ersten Zeiten nach der Mondabtrennung gewesen sein muß. Es ist zwar allerdings zu bedenken, daß der Mond bei geringerer Entfernung von der Erde auch eine viel raschere Umlaufzeit hatte als heute, und daß damit die obige Berechnung ganz wesentlich modifiziert wird. Auf jeden Fall aber dürfen wir ohne Zweifel daran festhalten, daß die Rotation der Erde in den Zeiten der Mondabtrennung und vorher eine ganz bedeutend stärkere war.

Der unendlich beweglichere Zustand der glühenden Erde und die um gewaltige Beträge gesteigerte irdische Rotation haben ohne Zweifel eine Abtrennung des Mondes überaus begünstigt.

Die Untersuchungen des englischen Astronomen G. H. DARWIN sowie die Arbeiten von CLARKES u. a. ergeben nun des weiteren, daß die Erde in diesen frühen Stadien mit Bestimmtheit ein dreiachsiges Rotationsellipsoid gewesen sein muß, ja nach einer Reihe von ausgezeichneten Geophysikern soll sie dies heute im Grunde noch sein.

Es erscheint daher sehr verständlich, daß bei dem unendlich mobileren Charakter der Erdkruste im für die Mondablösung in Frage stehenden Erdstadium, unter dem Einfluß der viel bedeutenderen Rotation des Erdkörpers leichtbewegliche Massen besonders an der längsten Achse des Erdellipsoides zusammengehäuft wurden. Das mögen vor allem die noch nicht oder kaum erst erstarrten „Lavameere“ der damaligen Erde gewesen sein. Diese leichtbewegliche Lavenanhäufung an der „Kalotte der Längsachse“ des dreiachsigen Erdellipsoides mag durch ungeheure Zeiträume sich akzentuiert und immer mehr verdichtet haben. Schließlich wurde die Schwerkraft dieser die größten irdischen Geschwindigkeiten aufweisenden Massen — sie lagen ja an der längsten Achse des rotierenden Ellipsoides —, eine derartige, daß eine gewisse Abschnürung dieser immer noch leicht beweglichen peripherischen Teile vom eigentlichen Erdkörper sich vorbereitete. Solche durch Rotation entstandene Einschnürungen sind ja in Menge von den Glasmeteoriten, besonders Australiens, bekannt. Man hat alle möglichen Stadien solcher Einschnürungen getroffen, von schwachen „Einkerbungen“ der Meteoriten über eigentliche „Doppelkeulen“ bis zu den getrennten Einzelstücken, die nur noch die „Ansatzstelle“ ihres verlorenen Zwillingbruders als deutliche „Narbe“ erkennen lassen. Die Natur führt uns hier ein wundervolles Experiment vor, das uns die Abtrennung des Mondes von der primären Erde ausgezeichnet verstehen läßt. Schon EDUARD SUESS hat eindringlich auf diese Zusammenhänge hingewiesen. Durch Steigerung der Einschnürung an der Längsachse des dreiachsigen Erdellipsoides infolge der gewaltig gesteigerten Zentrifugalkraft wird schließlich ein Stadium erreicht, wo diese hochgradig abgeschnürten leicht beweglichen Massen plötzlich von der Erde abreißen und als junger Mond nun selbständig die Erde umkreisen. In die Rißstelle aber bricht nun infolge der enormen plötzlich eintretenden Druckentlastung das vielleicht schon während der Abschnürungsperiode verflüssigte oder überhaupt im damaligen Erdstadium noch flüssige basische Magma sofort mit großer Vehemenz ein, und füllt gewissermaßen automatisch das durch die Mondablösung entstandene „Loch“. Dadurch gelangt das bisher durch die Mondmasse in den irdischen Tiefen vor rascher Abkühlung geschützte basische Tiefenmagma über große Räume unvermittelt an die Oberfläche und es erstarrt infolge dieser plötzlichen Abkühlung rasch zu einem undifferenzierten basischen Panzer. Auf solche Weise kann tatsächlich die Bildung eines starren pazifischen Blockes basischer Gesteine sehr gut verstanden werden.

Man kann dieser Auffassung zwei Gegenargumente entgegenhalten. Man kann sagen, es stehe keineswegs fest, daß das infolge der Mondabsprengung bloßgelegte Magma wirklich basische Zusammensetzung gehabt habe. Und man wird einwenden, daß jede von einer Mondmasse

zurückgelassene Narbe an der Rißstelle sofort von ungeheuren Flutbergen gewissermaßen eingedeckt und ausgeglichen worden sei.

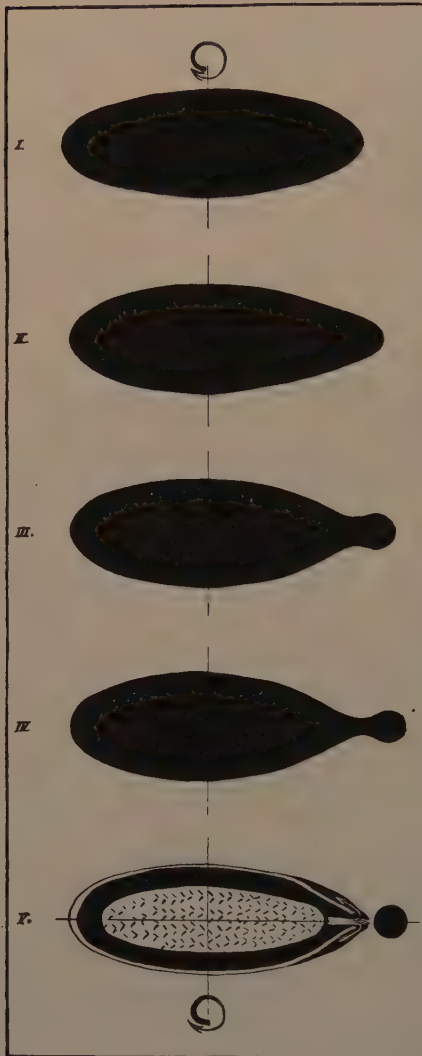


Fig. 31. Schema der Ablösung eines Trabanten von einem sich selbst überlassenen rotierenden Körper.

- I. Dreiaxiges Ellipsoid, Figur von JACOBI
- II. Figur von POINCARÉ
- III. Stadium der Einschnürung
- IV. Doppelkeulenstadium
- V. Abtrennung des Trabanten
 (weiß = Schlackenfelder)
 (hachiert = Metallkern)
 (schwarz = Magmazone)

Zum ersten Punkt kann gesagt werden, daß das spezifische Gewicht des Mondes mit 3,4 deutlich dafür spricht, daß mit dem Mondkörper große basische Massen die Erde verlassen haben, daß also basische Magmen unbedingt in der Peripherie der Erde vorhanden waren. Im Hinblick auf den zweiten Einwand ist in erster Linie daran zu erinnern, daß gerade in den ersten Zeiten nach der Mondabtrennung der junge Trabant infolge seines irdischen Rotationsmomentes noch lange gewissermaßen direkt gegenüber der Rißstelle stand und damit mit seiner Massenanziehung in erster Linie gerade die schon ohnehin automatisch in das „Mondloch“ drängenden basischen Magmen der Narbe selber in dasselbe hochzog. Es scheint sogar wahrscheinlich, daß infolgedessen die Rißstelle — durch das Aufdringen und quasi „Ansaugen“ des basischen Magmas durch den jungen Mond — gewissermaßen in einem langsam erstarrenden Flutberg die umgebende Kruste bald etwas überragt habe und daher in der Folge, als der Mond in seiner Bewegung gegenüber der Erdrotation mehr und mehr zurückblieb und die großen seitlichen Fluten erzeugte, vor größeren magmatischen Überflutungen aus den Nachbargebieten geschützt war. Von diesen Zeiten an vermochte dann diese durch die Erstarrung basischer Magmen weitgehend „verhärtete Mondnarbe“ gegenüber allen

weiteren Bewegungen der übrigen Rindenteile als starres „Widerlager“ zu wirken, und der Anfang des „pazifischen Widerstandes“ ist auf diese Weise geschaffen.

Damit ist selbstverständlich in keiner Weise gesagt, daß die Abrißstelle des Mondes etwa mit den heutigen Umrissen des Pazifik zusammenfällt. Denn es ist klar, daß die randlichen Teile der Rißstelle beim Abreißen der Mondmasse bis zu recht großen Breiten von den schon damals ziemlich salischen benachbarten Erdkrustenteilen automatisch eingedeckt wurden und daß daher der wirkliche basische Panzer erstarrten Tiefenmagmas, der uns heute mit gewissen Modifikationen im pazifischen Block vorliegt, nur den zentralen Teil der Rißstelle einnimmt. Ein vollständiges Zuschütten der Rißstelle durch salische Rindenteile von den Seiten her aber, wie es im Prinzip natürlich auch angenommen werden könnte, erscheint schon deswegen ausgeschlossen, weil das bloßgelegte Tiefenmagma ungeheuer viel beweglicher war als die schon ziemlich konsistenten salischen Nachbargebiete der alten Kruste. Es mußte also tatsächlich in erster Linie das Magma der Tiefe in das entstandene „Loch“ nachdrängen, und die Eindeckung desselben durch salische Rindenteile bleibt so lediglich auf die randlichen Teile der Mondnarbe beschränkt. Daß daneben in geologischer Zeit gerade infolge der „Westdrift“ der Kontinente der ursprüngliche pazifische Rand weitgehend modifiziert worden ist, liegt auf der Hand. Die abnorme Starrheit des pazifischen Panzers, sowie andere Faktoren im Untergrunde der Kontinente, auf die wir im nächsten Kapitel zu sprechen kommen werden, sorgen aber dafür, daß der pazifische Block nicht verschwinden kann und so bis zum heutigen Tage erhalten geblieben ist.

Die Loslösung des Mondes gibt auf diese Weise heute die beste und weitaus natürlichste Erklärung für die **Entstehung eines pazifischen Panzers**.

Damit ist die Lage des pazifischen Blockes von allem Anfang an bestimmt. Infolge der Loslösung bedeutender peripherer, zum großen Teil noch magmatischer Massen im Bereich der längsten Achse des dreiachsigen irdischen Rotationsellipsoides bildet die Rißstelle nicht einen geschlossenen „Äquatorialgürtel“, sondern beschränkt sich auf einen ganz bestimmten Abschnitt desselben. Eben denjenigen der ursprünglich längsten irdischen Axe. Darum ist auch die plötzliche Erstarrung von bis zu diesem Ereignis ungestört in der Tiefe ruhendem, nicht oder nur schwach differenziertem Magma zu einem ungeheuer steifen, besonders dichten basischen Panzer auf einen relativ nur kleinen Abschnitt des Äquatorialgürtels der Erde beschränkt, und darum ist ein solcher „basischer Panzer“ heute auch nur in einem einzigen Abschnitt der äquatorialen Zone der Erde, eben im Bereich des Pazifik bekannt.

Dort allein zwingt uns der Verlauf der irdischen Gebirge und eine Reihe geophysikalischer Tatsachen zur Annahme eines abnorm dichten und starren Blockes, und dieser Block kann in petrographischer Beziehung nichts anderes sein als ein gewaltiger Panzer viel dichter Gesteine, also ein Panzer undifferenzierter dichter basischer Magmen. Die Größe und Ausdehnung dieses basischen Panzers des Pazifik läßt sich kaum anders erklären als durch das plötzliche Abreißen eines mächtigen und ausgedehnten Rindenkomplexes, wodurch einzig die sofortige Erstarrung undifferenzierten Magmas über größte Räume hin ermöglicht wurde. Ein solches Abreißen aber, eine solch plötzliche Entblößung ungeheurer Flächen von tiefmagmatischem Charakter läßt sich kaum auf ein anderes auch nur einigermaßen sichergestelltes Ereignis der Erdgeschichte beziehen als auf die Ablösung des Mondes vom Planeten.

Tektonische, petrographische und geophysikalische Forschungen drängen also gemeinschaftlich mit astronomischen Ergebnissen auf die gleiche Lösung der Mondabspaltungsfrage hin, d. h. auf die These, welche die Mondmasse zur großen Hauptsache aus dem Gebiet des heutigen Pazifik entspringen läßt. Der Tektoniker gelangt durch seine Studien zur Annahme eines gewaltigen starren Blockes im Raume des heutigen Stillen Ozeans, der durch seine erhöhte Steifheit und Dichte den irdischen Bewegungen gegenüber in jeder Beziehung passiv bleibt. Der pazifische Untergrund muß daher unbedingt von höherer Dichte sein als die Durchschnittsmasse der Kontinente. Als solche dichtere Masse kann aber nach unseren heutigen Kenntnissen nur ein mächtiger Panzer basischer Gesteine in Frage kommen, ein Resultat, das auch durch die Untersuchungen der Geophysiker weitgehend gestützt wird. Der Petrograph nun seinerseits erklärt, daß nur ganz rasche Abkühlung derart schwach differenzierte Gesteinsmassen entstehen läßt, und daß die Bildung eines solchen basischen Panzers unter normalen Verhältnissen, — d. h. bei langsamer Abkühlung, die immer weitgehende Differenziation erlaubt — ein Ding der Unmöglichkeit sei. Die vom Petrographen geforderte abnorm rasche Erstarrung bisher tief in der Erdrinde ungestört ruhender basischer Magmen aber kann nur verwirklicht worden sein durch gewaltsames Losreißen großer irdischer Rindenteile von der tieferen basischen Magmaschicht. Die Geophysiker und Astronomen endlich lehren uns ein solches Ereignis kennen in der Loslösung des Mondes im Bereich der längsten Achse eines primären, dreiachsigen irdischen Rotationsellipsoides. Die damalige Beschaffenheit der Erde, als nur oder kaum mit einer dünnen, durch mächtige magmatische Aufschmelzungen stets wieder von glühenden Lavameeren durchbrochenen Erstarrungskruste bedeckter heißglühender Stern mit gewaltiger Rotationsgeschwindigkeit, erleichtert die Vorstellung der Mondabtrennung weiterhin. Wir dürfen also die Annahme von PICKERING, der im Raume des heutigen Stillen Ozeans die Ablösungsstelle des Mondes sieht, zum aller-

mindesten als eine wohlbrauchbare Arbeitshypothese betrachten, die durch tektonische, petrographische, geophysikalische und astronomische Tatsachen weitgehend gestützt wird.

Damit ist die Starrheit und die Position des Pazifischen Blockes, der die irdische Gebirgsbildung und die Wanderungen der Kontinente so weitgehend beeinflußt hat, zurückgeführt auf Ereignisse, die weit zurückliegen im Sternenzeitalter unserer Erde. Der Pazifische Block liegt dort, wo einst die **größte Achse** des irdischen Rotationsellipsoides die Oberfläche geschnitten hat, und **der Pazifische Block entstand an jener Stelle infolge der plötzlichen Erstarrung tief gelegener basischer Magmen bei der Loslösung der Mondmasse**. Die primäre Entstehung des Pazifischen Blockes geht damit auf die Zentrifugalkraft des rotierenden Erdkörpers in den ersten Phasen seiner Erstarrung zurück, die Rotation des noch selbstleuchtenden irdischen Sternes hat ihn geschaffen.

Die Rotation der Erde mit der Massenanziehung des Mondes verursacht die Westdrift. Die Rotation des irdischen Sterns ist der Grund zur Bildung des Pazifischen Blockes. Und die Rotation der weitgehend erstarrten Erde endlich scheint es zu sein, die in der Folge, wenn auch nicht allein, so doch in ausschlaggebendem Maße auch die großen Grundkontinente unseres Planeten gegeneinander treibt und damit letzten Endes die großen Gebirge der Erde türmt. Denn betrachten wir diese Bewegungen der irdischen Grundkontinente einmal etwas näher, so erkennen wir sofort einige auffällige Gesetzmäßigkeiten, die sich nur durch die Rotation des Planeten erklären lassen und die uns in zwingender Weise zu dieser einfachen Deutung der kontinentalen Verschiebungen führen.

Diese Deutung der Bewegungen der Kontinente ist zwar schon von WEGENER versucht worden, aber nur auf Grund einiger ganz isolierter irdischer Fragmente. Sie ermangelte daher einer wirklich schlagenden Beweiskraft, da das große Gesamtbild der alpinen Leitlinien der Erde, die allein uns ein sicheres Urteil über den Charakter der irdischen Bewegungen gestatten, noch nicht erkannt war. Erst dieses Gesamtbild der jungen Gebirge der Erde offenbart uns die großen Zusammenhänge und Grundursachen aller Gebirgsbildung und irdischer Bewegung in einer derartigen Schärfe und Klarheit, die uns erlaubt, eine wirkliche Deutung dieser grandiosen Bewegungsvorgänge zu versuchen. Dies sei im folgenden nun unternommen.

2. Die Deutung der kontinentalen Verschiebungen.

Die Verfolgung der alpinen Leitlinien der Erde hat ergeben, daß sich zwei große Grundkontinente: Gondwana und Laurasia, aktiv gegeneinander und längs dem passiven Pazifischen Block vorgeschoben

haben. Gondwana rückt dabei auf der ganzen Linie, von Südamerika bis Australien nach Norden, Laurasia hingegen, mit Ausnahme des von dem vordrängenden Gondwana ganz überwältigten Zentralsegmentes Europas, gegen Süden. Beide Kontinente tendieren somit, von gewissen sekundären Eigentümlichkeiten abgesehen, deutlich gegen den Äquator zu. Es besteht also heute nicht mehr bloß eine Bewegung des südlichen Blockes gegen Norden, wie dies für den europäisch-afrikanischen Sektor so drastisch durch den Bau der Alpen belegt wird, sondern es besteht daneben auch eine ganz gewaltige Südbewegung des nördlichen Blockes auf beiden Flügeln des ungezügelt nach Norden vorrückenden gondwanischen Zentrums. Wir stehen somit vor einer „Flucht der Kontinente“ von den Polen gegen den Äquator hin, und es sind damit in der Tat, wie schon WEGENER vermutet und postuliert hat, die Kräfte einer **Polflucht**, welche dieselben gegeneinander bewegen.

Die irdischen Kontinente fliehen die Pole, sie rücken unter dem Einfluß einer Polfluchtkraft unaufhaltsam gegeneinander vor. Die Polflucht der beiden großen Grundkontinente Gondwana und Laurasia türmt auf diese Art die jungen Gebirge der Erde.

Welcher Art ist nun diese Polfluchtkraft im einzelnen, und auf was für Ursachen geht sie zurück?

Die Diskussion dieser Punkte führt uns abermals zu den physikalischen Grundfragen über das Verhalten und die Zusammensetzung des Erdkörpers.

Die Kontinente sind eine Summation von alten und ältesten Gebirgen, in ihnen ist daher das leichtere feste Krustenmaterial der Erdrinde durch die fortwährende immer wieder einsetzende Zusammenstauung derselben zu enormen Massen gehäuft. Unter diesen leichten längst erstarrten Krustenteilen folgt allmählich, in wechselnder Tiefe wie wir gesehen haben, eine mächtige latent plastische, rein magmatische Zone, die, so lange sie ungestört bleibt, überall von weit bedeutenderer Dichte ist als der Durchschnitt der Kontinentalschollen. Die mittlere Dichte der letzteren mag mit 2,7—2,8 ungefähr richtig eingeschätzt sein, die Dichte der darunterliegenden undifferenzierten und meist hochkomprimierten Magmenzone hingegen schwankt bestimmt zwischen 3,0 und 3,5. Die kontinentalen Schollen **schwimmen** also gewissermaßen auf einer **plastischen magmatischen Zone**, sie sind stellenweise — nach der Art schwimmender Eisberge — auch weitgehend in dieselbe eingetaucht. Diese schwimmenden erstarrten Massen aber werden bei der Rotation der Erde durch die allen rotierenden Körpern innewohnenden zentrifugalen Kräfte — allerdings reichlich unterstützt durch kräftige Strömungen im magmatischen Untergrund, auf die wir weiter zurückzukommen haben werden — mit einer gewissen Leichtigkeit

mehr und mehr **von den Polen gegen den Äquator** hingetrieben, und die „Polflucht der Kontinente“, und deren enorme Beweglichkeit überhaupt, läßt sich auf diese Art im Grunde genommen ganz ausgezeichnet und ohne die geringsten theoretischen Schwierigkeiten verstehen.

Die Tatsache dieser leichten Beweglichkeit der Kontinente, des Bodens, auf dem wir leben, erscheint uns kleinem Geschlechte als etwas Unglaubliches, ja Ungeheuerliches, und WEGENER, der diese Dinge erstmals postuliert hat, gilt noch heute, 15 Jahre nach seinen ersten Eröffnungen, als ein Revolutionär. Wir staunen heute ob dem gewaltigen Bewegungsmechanismus unserer Erde, der sich bei diesen Gedankengängen uns offenbart, und wir können denselben in seinen riesigen Ausmaßen kaum fassen. Wir suchen krampfhaft nach Erklärungen und diskutieren in oft unerhörter Schärfe darüber, ob und wie solche Massenwanderungen überhaupt möglich seien. Aber was uns in direkter, körperlich greifbarer Nähe, auf unserer Erde unglaublich und phantastisch erscheint, das beobachten unsere Astronomen tatsächlich als eine fundamentale Erscheinung schon lange an unserer Sonne. Zur gleichen Zeit, wo wir uns über die Beweglichkeit der irdischen Kontinente wundern und deren Polflucht vielen als unmöglich vorkommt, erkennen wir durch ungeheure Räume an unserem Zentralgestirn dieselben Massenverschiebungen von den Polen gegen den Äquator hin in den seit langem bekannten **Wanderungen der Sonnenflecken**. Dasselbe Phänomen, das uns auf unserer Erde unfäßbar erscheint, erkennen wir auf Distanz, quer durch den Weltenraum, ohne jeden Zweifel an der Sonne.

Das Wandern der Sonnenflecken aus höheren Breiten gegen den Äquator ist dasselbe mechanische Grundphänomen wie die Polflucht der irdischen Kontinente.

Natürlich ist alles relativ, und läßt sich die Beweglichkeit der Sonnenmasse mit der beschränkten Mobilität der erstarrten Erde auf den ersten Blick nur schwer vergleichen. Den zusammenhangslos nur in Form vager Verdichtungen in der äußerst mobilen Sonnenmaterie schwimmenden Sonnenflecken stehen die starr eingespannten irdischen Kontinente gegenüber. Und doch ist das Grundphänomen genau dasselbe. Nur ist entsprechend der unendlich viel starrereren Beschaffenheit der Erde die Polfluchtbewegung der irdischen Massen eine derart langsame, daß es ganze geologische Epochen braucht, um die Kontinente der Erde von höheren Breiten gegen den Äquator hinzuschieben, während wir die Sonnenflecken in Perioden von 10—11 Jahren regelmäßig über ungeheure Räume wandern sehen können. Und während die Kontinente der Erde seit langem eine konstante Erscheinung unseres Planeten sind, sehen wir die Sonnenflecken im Ablauf regelmäßiger Perioden sich bilden, wandern, und in der Weißglut der Sonnenmaterie infolge immer wieder einsetzender neuer Auflösung wieder zerfallen.

Unser Zentralgestirn führt uns also mit der Wanderung der Sonnenflecken das Phänomen der „Polflucht“ der irdischen Kontinente gewissermaßen in einem beschleunigten Experiment in großartiger Weise und periodischem Wechsel immer wieder vor. Die Erscheinung der „Polflucht“ beherrscht den Bewegungsmechanismus der Erde so gut wie den der Sonne und der anderen Himmelskörper, das Prinzip der Polfluchtkräfte ist überall dasselbe, in jedem heterogen zusammengesetzten Rotationskörper, nur kommt es auf der Erde infolge ihrer weitgehenden Erstarrung nur mehr unendlich langsam, nur im Laufe geologischer Epochen zur Geltung. Das genügt aber für den Geologen vollständig.

Die Polflucht der irdischen Kontinente als schwimmender Massen, die im Gesamtbild der Gebirge der Erde so deutlich zum Ausdruck kommt, ist somit kein auf unseren Planeten beschränktes und hypothetisches, nur WEGENER und seinen Verschiebungen zuliebe eingeführtes Phänomen, sondern eine Polflucht schwimmender Massen läßt sich auch an unserer Sonne in gewaltigem Maßstabe jederzeit direkt **beobachten**.

Es ist aber ausgeschlossen, daß die Verschiebungen der irdischen Kontinentalblöcke, und damit die Gebirgsbildung nur auf die „Polflucht“ der schwimmenden Kontinentalkörper zurückgehen. Wäre dies der Fall, so wäre alle Gebirgsbildung auf unserem Planeten mit dem ersten „Aufeinanderprallen“ der die Pole fliehenden Kontinente im äquatorialen Gürtel der Erde ein für alle Mal abgeschlossen gewesen. Wir kennen aber eine ganze Reihe von der alpinen Orogenese in jeder Beziehung mindestens ebenbürtigen Gebirgsbildungen aus den allerverschiedensten Epochen der Erdgeschichte. Wenn aber auch die Ursachen aller dieser früheren Orogenesen — wie in Analogie mit der alpinen wohl angenommen werden darf — auf eine allgemeine „Polflucht“ der Kontinente und deren „Zusammenprallen“ in äquatorialen Zonen zurückgeführt werden können, so müssen umgekehrt auch Kräfte am Werke sein, welche die durch die „Polflucht“ an den Äquator gedrängten Kontinentalblöcke ihrerseits wieder gegen die Pole zurückgleiten lassen, damit der Vorgang der Gebirgsbildung sich überhaupt zu verschiedenen Zeiten wiederholen kann. Wir kommen auf diese interessanten Probleme noch weiter zurück, wollen nun zunächst aber einmal die **Rolle der Polflucht bei der alpinen Orogenese** etwas näher betrachten.

Die Polflucht der Kontinente spielt unbedingt die Hauptrolle bei dieser Orogenese, die Art und Weise des dargelegten Verlaufes der alpinen Leitlinien der Erde ergibt dies mit aller Sicherheit. Aber für einige merkwürdige „Eigenheiten“ des alpinen Orogens der Erde kommen noch gewisse Sonderbedingungen in Betracht, denen wir einmal näher nachspüren wollen.

Es gibt ohne Zweifel einige Besonderheiten im Verlauf der alpinen Leitlinien der Erde, die, von den durchaus sekundären Wirkungen der Westdrift abgesehen, mit einer normalen ungestörten und „reinen“ Polflucht der beiden großen Grundkontinente Gondwana und Laurasia nicht recht zusammengehen wollen.

Da ist vor allem das „ungezügelte“ **Vorrücken Gondwanas**. Gondwana dringt in seinem mittleren Sektor nicht nur, wie es im Sinne einer „normalen“ Polflucht läge, etwa bis in die Nähe des Äquators gegen den im allgemeinen von Norden vorstoßenden Block Laurasias vor, sondern es drängt weit darüber hinaus bis auf 45° n. B. Dann zeigt uns die Fazies der europäischen Sedimente, vom Karbon bis hinauf ins Tertiär, daß der außeralpine Block Europas, also der zentrale Teil Laurasias, ganz unmöglich von Norden her gegen Gondwana herangerückt sein kann, sondern daß derselbe, wie auch der große „Gondwanabogen“ der alpinen Leitlinien der Erde deutlich zeigt, gleichfalls von Süden gegen Norden gewandert ist (vergl. Fig. 26).

Das Prinzip der „Polflucht“, dem im Großen genommen die beiden Blöcke Gondwana und Laurasia ganz zweifellos gehorchen, ist also hier mit aller Evidenz durchbrochen. Warum? Ist eine Polfluchtkraft in Europa überhaupt nicht wirksam gewesen, oder liegen die Ursachen für dieses eigentümliche Verhalten des europäisch-afrikanischen Zentralsektors der alpinen Gebirge vielleicht bloß in einer verschiedenen Intensität der als solcher universell über den ganzen Erdball wirkenden, in ihrer primären Anlage sicher von der allumfassenden Rotation der Erde ausgelösten Polfluchtkräfte? Sind vielleicht die Kräfte, welche die „Polflucht“ Gondwanas bewirkten, in diesem zentralen afrikanischen Sektor des alpinen Systems nur viel stärker gewesen als die „Polfluchtkraft“ Europas, und hat deshalb der afrikanische Koloß vermocht, Europa seit dem Beginn der alpinen Orogenese als durchaus passiv einfach auf die Seite zu schieben?

Die Verfolgung dieser für das Verständnis des eigentlichen Mechanismus der Gebirgsbildung so wichtigen Grundfragen führt uns weit zurück in die Vergangenheit, vor eine ganze Reihe der schwierigsten paläogeographischen Probleme und Fragen. Versuchen wir aber einmal, gerade mit den **Daten der Paläogeographie**, einer Lösung dieses merkwürdigen „europäisch-afrikanischen Widerspruches zum allgemeinen Plan“ näher zu kommen.

Zu diesem Zwecke haben wir in erster Linie den Zustand zu rekonstruieren, welcher der alpinen Orogenese zugrunde lag. Wir müssen, wollen wir die heutige Verteilung der Kontinente im Raum richtig verstehen, vor allem einmal deren Lage auch zu Beginn der

alpinen Orogenese kennen. Nun zeigt, wie eingangs dargelegt, die Verfolgung der alpinen Geschichte durch die embryonalen Entwicklungsphasen deutlich, daß die ersten Anfänge der alpinen Gebirgsbildung zum Teil schon in das untere Perm, ganz bestimmt aber an den Anfang der Trias fallen. Wir müssen daher in erster Linie die paläogeographischen, im besonderen die klimatischen Verhältnisse der Perm- und Triaszeit für die alpinen Räume zu rekonstruieren suchen, um zu einer Beurteilung der damaligen Lage der Kontinente im Raum zu gelangen. Haben wir diese **permotriadische Ausgangslage der Kontinente** zu Beginn der alpinen Orogenese einmal, auch nur in rohen Zügen fixiert, so werden wir ohne weiteres positivere Anhaltspunkte dafür finden können, ob die den Gesamtplan regierende Polfluchtkraft überall den gleichen Wert gehabt hat oder nicht, und warum das eine oder das andere gerade in dem oder jenem Gebiete der Fall war. Denn die Polfluchtkraft einer schwimmenden Kontinentalmasse wird sich infolge ihrer „zentrifugalen“ Komponente ganz naturgemäß in verschiedenen geographischen Breiten, in verschiedener Entfernung von den Polen ganz verschieden gestalten, je nach der Lage der von ihr ergriffenen Objekte im Raum. Das Streben zum Äquator wird, abgesehen davon, daß es bei größeren Massen kräftiger, bei kleineren schwächer ist, im Prinzip um so größer sein, je größer die Entfernung der von den zentrifugalen Kräften ergriffenen Massen von demselben ist, d. h. je näher dieselben den Polen liegen. Den größten Betrag muß die Polfluchtkraft nach den Berechnungen der Geophysiker auf der Breite von 45^0 erreichen.

Suchen wir daher einmal die für die Gestaltung und Intensität der Polfluchtkräfte so überaus wichtige Anfangslage der irdischen Grundkontinente etwas näher zu ergründen, und betrachten wir vorerst einmal das zentrale Segment des alpinen Systems in der Periode zwischen oberstem Karbon, Perm und unterer Trias. Wir gehen dabei am besten aus vom nördlichen Vorland der Alpen, d. h. von **Mittleuropa**.

Da erkennen wir allgemein tropische Floren in der Steinkohlenformation, mächtige Korallenriffe in den karbonen Kalken, großartige tropische Wüstenbildungen im Perm und der unteren Trias, heißes Klima verratende Stein- und Kalisalzbildung im Perm und der mittleren Trias, rote lateritische Erden mit Salz und Gips im Keuper, und daran anschließend Ablagerungen warmer, zumindest subtropischer Meere im Jura.

Die Entstehung der Mitteleuropäischen Steinkohlenlager aus tropischen Waldmooren ist vor allem durch POTONIE näher begründet worden. Für dieselbe sprechen u. a. einmal die abnorme Mächtigkeit der Flöze, dann die große Verbreitung tropischer Baumfarne mit fehlenden Jahresringen und abnorm großen Wedeln. Für tropischen Charakter

spricht auch die abnorme Größe der Insekten im europäischen Karbon, und schließlich die oben erwähnten mächtigen Korallenriffe in den karbonen Kalken Europas.

Daß die roten Sandsteine und Konglomerate des Perms und der unteren Trias, auch der rote Keuper, fossile Wüstenbildungen der tropischen Zone sind, hat besonders WALTHER mit aller Eindringlichkeit dargetan. Nach allen neueren Untersuchungen und Vergleichen dieser rotgefärbten fossilen Serien mit den modernen Lateritböden der Tropen kann gar kein Zweifel an ihrer Entstehung im Klima der tropischen Wüste aufkommen. Ganz analog sind die mit diesen kontinentalen Sedimenten eng verbundenen mächtigen Salzlager der Trias und des Zechsteins zurückzuführen auf die Eindampfung mächtiger Binnenmeere unter tropischer Hitze, und auf die Tropen weisen schließlich auch, allerdings schon in den Alpen selber, die mächtigen Korallenriffe der ostalpin-mediterranen Trias hin.

Es ist daher auf Grund unserer heutigen Kenntnisse ganz ausgeschlossen, daß diese **mitteleuropäischen Tropenzeugen** je in unseren Breiten gebildet wurden. Die Annahme einer damaligen stärkeren Sonnenstrahlung oder auch nur einer stärkeren Durchstrahlbarkeit der irdischen Atmosphäre zerfällt in nichts, wenn wir in anderen Teilen der Erde zu gleicher Zeit Zeugen einer mächtigen Eiszeit entstehen sehen, und wenn wir schließlich in denselben Breiten, wo in Europa die tropische Steinkohlenflora unbestritten herrscht, in Sibirien zu gleicher Zeit boreale Elemente antreffen können. Es bleibt zur Erklärung der mitteleuropäischen Tropenbildungen daher gar nichts anderes übrig, als die Annahme, daß die ganze Scholle Mitteleuropas in jenen Perioden des Karbons, des Perms und der Trias sich überhaupt in tropischen Breiten befunden habe.

Wir können somit an Hand der faziellen Eigentümlichkeiten des europäischen Karbons, des Perms und der Trias, und indem wir ferner die seit dem Perm in diesem Sektor eingetretenen tektonischen Komplikationen, d. h. die Zusammenstauung der alpinen Gebirge, im Geiste wieder rückgängig machen, sehr wohl — wenigstens in rohen Umrissen — die Lage der damaligen Kontinente im Sektor Europa—Afrika in bezug auf den Äquator bestimmen.

Wir betrachten dabei am besten die Grenze **Perm—Untere Trias**. In diesem Zeitpunkt war einerseits die herzynische Orogenese Mitteleuropas abgeschlossen und stehen wir andererseits erst in den ersten Anfängen der alpinen Bewegungen. Zu diesem Zeitpunkt sind auf jeden Fall die alpinen Komplikationen noch beinahe ausgeglättet, und dürfen wir wenigstens roh mit den abgewickelten alpinen Räumen rechnen. In diesem Zeitpunkt endlich dürfte auch die alpine Geosynklinale als solche schon geschaffen sein, so daß wir zwischen Perm und unterer

Trias weitaus am ehesten die Anfangslage Europas und Afrikas zu Beginn der alpinen Orogenese bestimmen können.

Nehmen wir einmal als Ausgangspunkt unserer Betrachtungen den Nordrand des alpinen Orogens an der Außenfront des Jura, d. h. etwa bei Basel an, und setzen wir vorderhand die alpinen Vorland-zusammenschübe in Deutschland und Skandinavien außer Betracht.

Basel liegt heute am Südrand des mächtigen deutschen Buntsandsteingebietes, das mit seinen Ausläufern bis hinauf nach Schottland und Skandinavien reicht. Wir werden daher kaum weit fehl gehen, wenn wir die Lage Basels an der Grenze von Perm und unterer Trias etwa in die Breiten des Tsadsees, d. h. auf etwa 15° n. Br. zurückversetzen. Der Nordrand des Buntsandsteingebietes reicht bei dieser Annahme etwa bis zu 27° n. Br., und die zentrale Buntsandsteinwüste Europas fällt auf diese Weise gerade in die Breiten der heutigen Sahara. Der Nordrand des europäischen Kontinentalsockels, der heute auf Spitzbergen 80° n. Br. erreicht, lag bei dieser Annahme etwa auf der Breite des Po, bei rund 45° n. Br.

Wo mußte nun bei dieser Lage der Dinge der **afrikanische Kontinentalblock** liegen?

Heute schiebt sich zwischen Basel und den Nordrand der afrikanischen Tafel das ganze alpine Orogen, in einer mittleren Breite von rund 1400 Kilometern. Nach den Erfahrungen in den Alpen dürfen wir ohne weiteres annehmen, daß vor der alpinen Faltung diese Orogenzone wohl fast doppelt so breit war. Rechnen wir dazu noch die alpine Zusammenstauung der Vor- und Rückländer, also des sog. außeralpinen Europas und des außeralpinen Afrikas, so dürfte wohl mit einem ursprünglichen Abstand von rund 25 Breitengraden zwischen Basel und dem Nordrand der afrikanischen Tafel an den tunesischen Schotts kaum zu hoch gerechnet sein. Damit aber gelangen wir mit der oberpermischen Nordfront Afrikas auf 25 Breitengrade südlich der Tsadsee-Breiten, d. h. auf etwa 10° s. Br., mit der Südspitze des Kontinentes aber auf rund 80° s. Br., also bis in die unmittelbare Nähe des Südpoles hinab. Damit stimmt die durch die glazialen Blocklehme des südafrikanischen Perms belegte permische Eiszeit des südlichen Afrikas in ausgezeichneter Weise.

Während also der europäische Block mit seinem äußersten Nordrand nur bis 45° n. Br. hinaufreichte, also schon relativ weit weg vom Pol sich befand, rückt die afrikanische Masse mit ihrem Südrand bis auf 10° an den Pol heran. Es ist daher nicht zu verwundern, daß von allem Anfang an die zentrifugale Komponente der Polflucht bei Afrika sich viel stärker bemerkbar machte als bei dem ohnehin schon weitab vom Nordpol gelegenen Europa. Dank seiner geographischen Lage entwickelte eben das permische Afrika eine ungleich stärkere

zentrifugal wirkende Polfluchtkraft als das permische Europa, und so kam es schließlich zu einer fast rein afrikanischen Polfluchtbewegung in diesem zentralen Sektor der alpinen Gebirge der Erde. So verstehen wir die extreme, quasi ungehemmte Nordbewegung der afrikanischen Scholle, welche die im Prinzip — sagen wir latent — zwar ebenso vorhandenen, aber viel schwächeren Polfluchtkräfte Europas nicht nur bloß paralysierte, sondern sogar vollständig überwältigte, und auf solche Weise den europäischen Sektor, als der afrikanischen Masse schon primär infolge seiner Lage nur schwachen Widerstand leistend, direkt passiv vor der afrikanischen Nordfront gleichfalls nach Norden schob.

Daneben wurde die stärkere Wirkung und Entfaltung einer gewiß primär vorhandenen zentrifugalen Polfluchtkomponente Alteuropas auch gehemmt durch die Lage der beiden Flügel des Nordkontinentes, auf die wir gleich zu sprechen kommen werden, und endlich scheint im Grunde genommen für die Beurteilung der afrikanischen Polflucht nicht nur

die weit über das primäre Ziel des Äquators hinausrennende Nordfront Afrikas, sondern der ganze Gesamtblock Gondwanas maßgebend. Wenn derselbe auch schon während des Mesozoikums bei seinem Nordmarsche weitgehend zu einzelnen Fragmenten zertrümmert worden ist, so ist doch anzunehmen, daß deren Zusammenhang in einer plastischeren Tiefe gegenüber den schiebenden Kräften der Polflucht im großen ganzen noch gewahrt geblieben ist; wir dürfen daher wohl das Vorrücken Afrikas nicht einfach gesondert betrachten, sondern müssen dasselbe in Verbindung mit ganz Gondwana beurteilen. Und da ergibt sich ganz einwandfrei, daß der Schwerpunkt der Masse Gondwanas, der für die Intensität und die Richtung der Polfluchtkräfte wohl in erster Linie in Frage kommt, auch heute noch kaum den Äquator erreicht hat. Und solange dieser Schwerpunkt der bewegten Scholle den Äquator nicht überschritten hat, wird eben die zentrifugale Komponente der Polfluchtkraft in derselben wirken, gleichviel ob die gondwanische Nordfront schon über denselben hinausgeeil ist oder nicht.

Daß schließlich die um ein vielfaches größere Masse Altafrikas eine viel größere zentrifugale Polfluchtkraft ausgelöst hat als das ihr

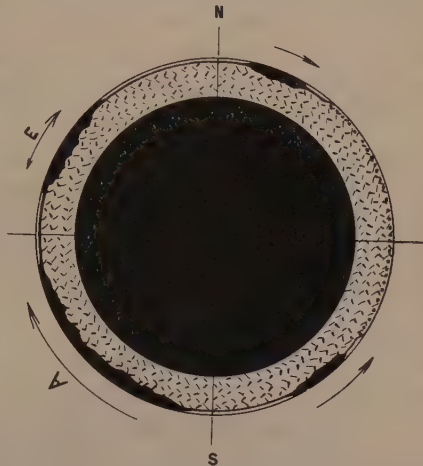


Fig. 32. Die alpine Polflucht im Großkreis Europa—Afrika.

E = Europa, A = Afrika
rechts oben Alaska, rechts unten Antarktis

gegenüberstehende kleine Fragment Alteuropas, ist bei der Abhängigkeit dieser Kräfte von den ins Spiel gesetzten Massen ganz selbstverständlich.

Die mächtige Invasion des gondwanischen Südkontinentes in die europäische Nordhalbkugel steht damit in **keinem** Fall im Widerspruch mit dem **Gesetz der Polflucht der Kontinente**. Einmal hat der Schwerpunkt der afrikanisch-gondwanischen Scholle den Äquator keineswegs überschritten, und anderseits führte die dem Beginn der alpinen Orogenese vorliegende Verteilung der europäisch-afrikanischen Massen von allem Anbeginn an zur Entfesselung einer weit mächtigeren zentrifugalen Polfluchtkraft des Südkontinentes, welche die — infolge der mehr äquatorialen Lage und der weit geringeren Masse Alteuropas — daneben kaum in Frage kommende Polfluchttenz des nördlichen Gegensektors direkt zu überwältigen vermochte. Der Schwerpunkt der kleinen Masse Alteuropas lag auf beiläufig 30° , derjenige des mächtigen Gondwanafragmentes aber bei mindestens 45° . Gerade in dieser Breite aber unterliegt nach den Berechnungen SCHWEYDARS, LAMBERTS und WEGENERS eine schwimmende Kontinentalmasse dem Maximum der zentrifugalen Polfluchtkraft.

Die Lage und die Größenverhältnisse der Kontinente zu Beginn der alpinen Orogenese erklären also zur Genüge den merkwürdigen Einbruch Afrikas in Europa, der bis zu 45° über den Äquator hinaus nach Norden vorgetragen worden ist, und der ganz Europa um rund 35° nach Norden geschoben hat.

Betrachten wir nun auch noch die ursprüngliche, d. h. die der beginnenden alpinen Orogenese vorgelegene Ausgangslage der beiden **Flügel des Nordkontinentes**. Auch hier läßt sich durch die Verteilung der Fazies der Sedimente des Permokarbons und der Trias ein soweit genügend klares Bild gewinnen, um zu einem besseren Verständnis der Vorgänge zu gelangen. Dieses Bild ist naturgemäß weit lückenhafter als das im zentralen europäischen Sektor erhaltene, aber es genügt schon in seiner relativen Roheit vollständig, um wenigstens die relative Lage dieser beiden Flügel Laurasias zum zentralen Sektor Europas in diesen frühen Zeiten zu erkennen.

Beginnen wir mit dem Osten, mit **Asien**. Der Verlauf und die Art der Gestaltung der alpinen Leitlinien des östlichen Asiens weist unfehlbar darauf hin, daß hier im fernen Osten der Nordkontinent, also Ostasien, gegen Süden hin vorgerückt ist. Derselbe lag also im Gegensatz zu Europa zu Beginn der alpinen Orogenese nicht weiter im Süden, sondern vielmehr weiter im Norden. Dies ist besonders für die westlichen und zentralen Teile Sibiriens der Fall gewesen, während nach dem Verlauf und dem Ausklingen der alpinen Faltungen in Nordostasien die dortige Kontinentalscholle als der äußerste östliche Ausläufer Eurasiens nicht sehr weit gegen Süden mehr vorgerückt zu sein scheint.

Die Ausbildung, die Flora und Fauna der sibirischen Sedimente bestätigt in der Tat, wenn die Angaben auch über weite Strecken noch überaus spärlich sind, diese Schlüsse des Tektonikers. Wir treffen in Sibirien keine Spur von Bildungen, die wir mit absoluter Sicherheit auf die Tropen oder auch nur die gemäßigten Breiten zurückführen könnten. Die Formen der in Europa und Nordamerika so verbreiteten tropisch äquatorialen „Pecopterisflora“ treten hier sozusagen fast völlig zurück, und während den europäischen Karbonbäumen zufolge ihrer tropischen Heimat die Jahresringe vollständig fehlen, stellen sich solche in den Hölzern des sibirischen Karbons schon im Becken von Kusnezsk deutlich ein. Daneben aber beherbergt das sibirische Permokarbon eine ganze Reihe von Arten der ganz ausgesprochen auf kühlere Breiten hinweisenden Glossopterisflora Gondwanas, d. h. jener Flora, die in Indien oder Australien oder Südafrika ganz offensichtlich mit den glazialen und subglazialen Bildungen einer permokarbonen Eiszeit zusammengeht. Permokarbonate Eisspuren sind nun allerdings bisher in Sibirien nicht gefunden worden, was möglicherweise darauf hindeutet, daß das sibirische Areal nicht dermaßen nahe dem Pol gelegen war, um völlig vereisen zu können. Die Südbewegung Sibiriens kann übrigens sehr wohl an die 25 Breitengrade betragen haben, ohne daß wir deswegen Spuren einer wirklichen permokarbonen Vereisung anzutreffen brauchten. Der springende Punkt in der Deutung des sibirischen Permokarbons ist vor allem das Erscheinen einer kälteliebenden Glossopterisflora und das völlige Fehlen roter tropischer Wüstensandsteine, an deren Stelle graue, grünliche und schwärzliche Sandsteine und Konglomerate treten. Dazu gesellt sich das Auftreten einer ganz ausgesprochen borealen Fauna im marinen Karbon Sibiriens, und erkennen wir solche arktische Faunen auch weiterhin in der Trias und im Jura Nordostasiens. Nordostasien zeigt auf diese Weise, so deutlich wie Europa tropischen Charakter aufweist, ganz unzweifelhaft **boreale** Serien.

Dasselbe erkennen wir nun aber auch im nördlichen **Nordamerika**.

Zunächst zeigt uns der Verlauf der alpinen Leitlinien, daß in Nordamerika selber die Bewegung des Nordkontinentes gegen Süden viel mehr zurücktrat als in Ostasien. Die Bewegung ging weit eher gegen West oder Südwest. Und wenn wir die Skizze der alpinen Leitlinien Amerikas näher betrachten, so scheint es gar nicht ausgeschlossen, daß große Teile, besonders der Südosten der Union, von Gondwana in ähnlicher Weise nach Norden gedrückt worden sind wie der Westteil Asiens in Europa. In Asien vermag ja der äußerste Flügel des Nordkontinentes das östliche Gondwana gleichfalls nicht mehr zu überwältigen, er wird durch den pazifischen Block in seiner freien ihm ursprünglich innewohnenden Südbewegung gehemmt. Dasselbe aber scheint ganz

analog auch in Nordamerika erfolgt zu sein. Die Ketten der Antillen werden vor dem vom Orinoco her andrängenden Gondwanablock Brasiliens ausgesprochen gegen Norden vorgestoßen, und ein südliches Ausweichen der amerikanischen Ketten macht sich erst wieder in Mexiko, also vor der westlichen Flanke Gondwanas geltend. Die Polfluchttendenz Nordamerikas macht sich auf jeden Fall erst im Westen der Mississippilinie geltend, und sie bewirkt dabei zusammen mit dem Nordrücken des südöstlichen Teiles der Union eine starke Drehung des ganzen Blockes gegen Westen. Diese Drehung Nordamerikas steht derjenigen Eurasiens, die gegen Osten geht, spiegelbildlich gegenüber, und sie ist es auch, die auf den ersten Blick eine große primäre Bewegung Nordamerikas gegen Westen vortäuscht. In Wirklichkeit aber stehen wir hier wie in Asien vor einer Interferenz von Nord- und Südschub, einer Interferenz, die durch die Wirkung der Westdrift noch verstärkt worden ist.

Die paläogeographischen Verhältnisse Nordamerikas scheinen auch diese tektonische Erkenntnis weitgehend zu unterstützen. Karbon, Perm und Trias des Südostens sind in ähnlicher Weise tropischer Abkunft wie ihre Analoga in Europa, hingegen erkennen wir im Nordwesten, auf Alaska und bis weit hinab gegen San Franzisko überall deutliche Spuren borealer Bildungen. Im ganzen Nordwesten Nordamerikas ist keine Ablagerung bekannt, die sich als echter tropischer Wüstensandstein deuten ließe — die charakteristischen roten Sandsteine und Konglomerate fehlen — und die karbonischen Kohlen Alaskas werden nach ihrem Florencharakter den borealen Bildungen Sibiriens und damit auch Indiens und Australiens verglichen. Dazu wird gerade aus dem kanadischen Alaska vom Yukondistrikt ein permischer Tillit beschrieben, und als eine glaziale Bildung direkt den Talchir- und Dwykakonglomeraten Indiens und Südafrikas gegenübergestellt. Dazu kommt schließlich noch das massenhafte Vordringen borealer Faunen des Karbons, der Trias und des Jura bis hinab nach San Franzisko. An den Quellen des Sacramento finden sich am Mac Cloud River karbonische Gastropoden, welche zu den typischsten Arten des nordrussischen Timanzuges gehören. Alle diese paläogeographischen Daten weisen somit überaus deutlich darauf hin, daß der nordamerikanische Osten früher weit südlicher, der Westen hingegen bedeutend nördlicher lag. Dabei ist anzunehmen, daß das Südwärtsrücken des nordamerikanischen Westens an dem starr verankerten pazifischen Panzer auf starken seitlichen Widerstand stieß und dadurch an freier Entfaltung gehindert wurde; denn die Ketten Nordamerikas illustrieren deutlich diesen am pazifischen Widerstand gescheiterten Versuch Laurasias, in die Flanke Gondwanas vorzustößen. Alaska wird vor dieser Drehung daher kaum sehr viel weiter im Norden gelegen haben — es lag viel eher weiter östlich —, sonst müßten wohl die Spuren früherer Vereisungen der Permokarbonzeit unbedingt in

größeren Massen gefunden werden. Grönland jedoch lag, wie der nordamerikanische Osten oder Europa, bedeutend südlicher. Das ursprünglich nördlichste Gebiet war Alaska, und daher zeigt dasselbe auch die Wirkungen der reinen Polfluchtkräfte in seinen gegen Süden vorgestoßenen Gebirgen weitaus am deutlichsten; die freie Entfaltung dieser Alaskischen Polflucht aber wird durch den Widerstand des pazifischen Panzers verhindert und schon im Dogger in frühen Paroxysmen gefangen.

Damit erkennen wir für den Beginn der alpinen Orogenese etwa folgende **Lage des laurasiatischen Gesamtblockes:**

Der europäische Sektor stieß mit seinem Südrand, wie die benachbarten Teile des südwestlichen Asiens, sehr nahe an den Äquator vor, desgleichen der Ostteil der Vereinigten Staaten Nordamerikas. Der Nordrand des laurasiatischen Blockes mag dabei in Europa im Mittel auf ca. 45° nördl. Breite, in Nordamerika etwa auf der Höhe von Neufundland und Quebec gelegen haben. Diese amerikanischen Zahlen erhält man dadurch, daß man etwa die Küste des Golfes von Mexiko für die Perm-Karbonzeit entsprechend der Fazies der betreffenden Sedimente an den Äquator hinabrücken läßt, dann kommt man mit Grantland etwa in die Höhe von Neufundland hinab.

Von diesem im großen ganzen also recht äquatorial gelegenen zentralen Segment aber weicht Laurasia nach beiden Seiten, im Osten und im Westen, überaus stark gegen Norden zurück. Der nordamerikanische Westen liegt schon zu jener Zeit in der Nähe des Polarkreises, vielleicht sogar nördlich davon, desgleichen ein großer Teil des asiatischen Ostens. Franz-Josephsland mag dabei etwa die Breiten der nördlichen Kaspisee oder des südlichen Urals eingenommen haben. **Der ganze Nordkontinent scheint also überaus stark gegen den Äquator vorgebogen, die zentralen Teile lagen in tropischen Breiten, die beiden Flanken aber in der Nähe der Polarkreise.**

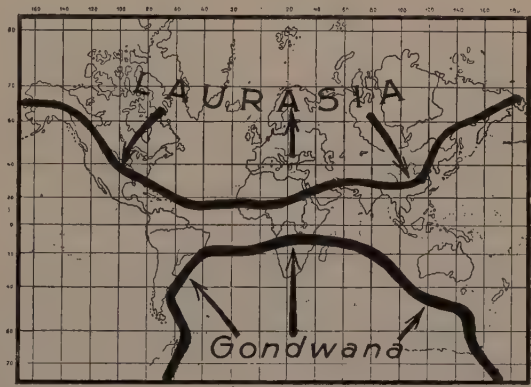


Fig. 33. Die Fronten Laurasias und Gondwanas zu Beginn der alpinen Orogenese.

Die Pfeile deuten die nunmehr einsetzende Bewegungsrichtung der einzelnen Segmente an.

Aus dieser uns durch die paläogeographischen Daten klar enthüllten Ausgangslage Laurasias heraus verstehen wir nun ohne weiteres die

„Schwäche“ der zentrifugalen Polfluchtkräfte im europäischen Zentrum, das ohnehin schon nahe dem Äquator lag, und deren relative „Stärke“ an den beiden Flanken. Die beiden Flanken Laurasias rückten infolge ihrer zu Beginn der alpinen Orogenese weit vom Äquator entfernten Lage ganz naturgemäß relativ rascher gegen denselben vor, als das demselben schon primär weitgehend genäherte europäische Zentrum. Dasselbe wurde gerade durch dieses starke Vordringen der laurasiatischen Flanken infolge der Massenkohäsion weit eher sogar zurückgehalten, und so hatte das afrikanische Zentrum Gondwanas schließlich ein leichtes Spiel, das auch an Masse viel schwächere europäische Zentralstück nach Norden zurückzudrängen.

Über das Verhalten der heute im nördlichen Atlantik begrabenen Fragmente Laurasias besitzen wir keine genügenden paläogeographischen Daten. Wir können nur aus der Form der gegen Süden vorgetriebenen atlantischen Bogen schließen, daß sich dieselben in ähnlicher Weise wie der Block Sibiriens, wenigstens in einzelnen Teilen, eher gegen Süden bewegt haben. Die sichere Anfangslage dieser atlantischen Fragmente aber vermögen wir heute nicht mehr zu bestimmen.

Hingegen bleibt uns noch übrig, die **Gesamtlage Gondwanas** für das Perm zu rekonstruieren. Für Afrika sind wir bereits zu dem Resultate gelangt, daß seine Nordfront bei 10° s. Br., seine Südspitze bei etwa 80° s. Br. gelegen sein mußte. In Australien dringt die Glossopteris-Flora mitsamt den mächtigen glazialen Blocklehmen bis zu knapp 30 Breitengraden an die gondwanische Front heran, mit anderen Worten, die gondwanische Front lag hier im Osten zur Zeit der permischen Vereisung nur etwa 30° , höchstens 40° vom Pol entfernt, also auf rund $50\text{--}55^{\circ}$ s. Br. Der Westteil Gondwanas in Südamerika scheint hingegen wie Afrika bedeutend weiter im Norden gelegen zu haben. Die nördlichsten Glossopterissspuren Brasiliens liegen immer noch an die 40° von der gondwanischen Nordfront entfernt, so daß diese Nordfront der brasilischen Masse im Perm im besten Falle wohl etwa auf 20° s. Br. gelegen haben muß. Bei diesen Annahmen, die selbstverständlich nur eine gewisse Annäherung geben, kommen wir mit dem Südrand Gondwanas im australischen Sektor beinahe zum Pol, im südamerikanischen nicht sehr weit davon. Antarktis lag damals wohl näher gegen den Pazifik zu.

Wir gelangen somit zu einer permischen Nordfront Gondwanas, die von wenigstens 20° s. Br. in Südamerika im afrikanischen Sektor zunächst um mindestens 10 Breitengrade nach Norden vorstößt, um gegen Australien hin stark südwärts zurückzuweichen bis auf etwa 50° s. Br. Der Südteil der Gesamtmasse lag in breiter Kalotte um den Pol. **Gondwana** war also ähnlich **gegen den Äquator vorgebogen** wie der laurasiatische Block, die beiden Fronten standen sich im

afrikanisch-europäischen Zentralsektor weitaus am nächsten gegenüber. Hier erscheinen daher auch in der Folge die alpinen Ketten auf den engsten Raum zusammengerafft. Aber während der Nordrand Laurasias in diesem Sektor schon in einer mittleren Breite von etwa 45° lag, reichte Gondwana in geschlossener Masse weit nach dem Süden hinab, und seine südlichsten Teile lagen gar um den Südpol. Der Schwerpunkt des an sich schon schwachen laurasiatischen Zentrums lag bei etwa 30° n. Br., vielleicht sogar noch südlicher, der Schwerpunkt der Gondwanamasse aber bei rund 45° , im Westen bei 50° s. Br., im Osten noch südlicher. Gondwana mußte daher bei dieser ganzen Sachlage unter dem Einsatz der aus der Rotation der Erde entspringenden zentrifugalen Kräfte eine weit kräftigere Polflucht erleiden als das laurasiatisch-europäische Zentrum, und nur deshalb stößt die afrikanische Masse die alpinen Ketten samt Europa vor sich her nach Norden, aus dem Paradies der Tropen heraus. Daneben rückt auch der westliche Flügel Gondwanas in Südamerika aus ganz ähnlichen Ursachen heraus noch sehr aktiv das nördliche Amerika zur Seite; dasselbe konnte gleichfalls durch seine primär dem Äquator näher gerücktere Lage nur eine schwächere Polfluchtkraft entwickeln als sein bis gegen den Südpol hinabreichender südamerikanisch-gondwanischer Gegensektor. Hingegen liegt der Ostflügel des gondwanischen Blockes mit Australien primär soweit im Süden zurück, daß der asiatische Gegenflügel Sibiriens und Chinas hier im Vorsprung bleibt und im Sunda-Archipel die zu spät in Aktion kommende gondwanische Front zurückstößt und überfährt. Der ostasiatische Schwerpunkt mag dabei auf rund 50° n. Br. gelegen haben, während Australien allein mit seiner Front schon mindestens soweit gegen Süden zurücklag.

Damit geht das gewaltige Vordrängen Gondwanas gegen Europa, der Nordstoß Brasiliens gegen das östliche Nordamerika, und die mächtige Südbewegung Ostasiens gegen Australien in ungezwungener Weise auf die **primäre Verteilung der kontinentalen Massen zu Beginn der alpinen Orogenese** zurück.

Was aber hat diese Verteilung ihrerseits bedingt? Welches sind die tieferen Ursachen dieser alpinen Grundanlagen? Warum nahmen die beiden Kontinente des Nordens und des Südens damals gerade jene Lage ein, die folgerichtig zu den heutigen Zügen der Erde führen mußte? Wir sehen heute, daß eine Polflucht der Kontinente, der Widerstand des pazifischen Panzers und die Westdrift das heutige Antlitz der Erde aus dieser durch paläogeographische Daten ausgezeichnet gestützten permischen „Anfangslage“ des ganzen alpinen Bewegungsmechanismus heraus in durchaus logischer Entwicklung ohne weiteres schaffen konnten, aber den tieferen Grund zu dieser so ganz speziellen und auffallenden permischen Verteilung der irdischen Massen kennen

wir bisher noch nicht. Wohl wissen wir, daß diese permische Verteilung der Massen irgendwie zurückgehen muß auf frühere Ereignisse der Erdgeschichte, und können wir vermuten, daß die Ursachen, die zu dieser Anordnung der irdischen Massen geführt haben, irgendwie zusammenhängen mit den ausgedehnten älteren Bewegungen der Erdkruste, deren Zeugen uns in den „herzynischen“ und „kaledonischen“ Gebirgen der Erde entgegentreten; aber wie diese Zusammenhänge im einzelnen sich gestalten und was für weitere ganz spezielle Momente noch zu der so auffallenden alpinen Grundanlage geführt haben, darüber besitzen wir bisher noch keineswegs die gewünschte Klarheit. Forschen wir aber gerade darum einmal näher nach den möglichen Ursachen der primären alpinen Anlagen und versuchen wir, an Hand der offenkundigen Gesetzmäßigkeiten der älteren Gebirge und unserer bisherigen Ergebnisse eine etwas genauere Vorstellung von denselben zu erlangen. Ergründen wir daher einmal den irdischen Bewegungsmechanismus auch in diesen alten voralpinen Zeiten.

IV. Der voralpine Bewegungsmechanismus der Erde

Die ganze alpine Orogenese der Erde geht auf derart großartig einfache Gesetze zurück, daß wir wohl annehmen dürfen, dieselben hätten nicht nur in den relativ modernen Zeiten des alpinen Bewegungszyklus Geltung gehabt, sondern von jeher den Zusammenschub der Gebirge, auch in weit zurückliegenden Zeiten, regiert. Als die Hauptfaktoren der alpinen Orogenese haben wir die „Polflucht der Kontinente“ und den „Widerstand des Pazifik“ erkannt; die von WEGENER und ARGAND für Amerika und den asiatischen Osten gleichfalls als ein Hauptfaktor angesehene „Westdrift“ tritt nach unserer Auffassung — als die großen Grundanlagen nur recht unbedeutend modifizierend — gegenüber den ersten beiden Kräftegruppen weit zurück.

Versuchen wir daher einmal, die **permischen Ausgangspunkte der alpinen Faltung** zunächst gleichfalls durch „Polflucht“ und „Pazifischen Widerstand“ zu erklären.

Was für große Züge treten uns da in erster Linie im Antlitz der permischen Erde entgegen?

Im Norden erscheint der laurasiatische Block in seinem Zentrum weit gegen den Äquator vorgebogen; an seinen beiden Enden jedoch, in Alaska und Nordostasien, weicht er stark gegen Norden zurück, als wäre er zurückgehalten durch einen starren seitlichen Widerstand, wie wir einen solchen ja nun seit den frühesten geologischen Zeiten im

basischen Panzer des Pazifik tatsächlich annehmen müssen. Im Süden sehen wir Gondwana gleichfalls mit gebogener Außenfront gewissermaßen gegen den Äquator rücken, ebenfalls an beiden Enden wie zurückgehalten und gebremst durch das seitliche Widerlager einer pazifischen Masse. Es sieht also genau so aus, wie wenn schon diese erste alpine Grundanlage der permischen Zeiten nur die einfache Folge einer älteren Polflucht Gondwanas und Laurasias entlang dem beidseitigen pazifischen Widerstand wäre. Der Gesamtblock Laurasias wäre dabei aus dem Norden gegen den Äquator vorgerückt, der Gegenblock Gondwanas aus dem Süden. Und doch ist dieser erste Eindruck ein absolut falscher.

Zunächst fällt auf, daß zwischen Nord- und Südkontinent zu Beginn der alpinen Orogenese, deren Ausgangsstadien wir zu verstehen suchen, in diesem Falle nicht ein mächtiger Gebirgszug, sondern eine weite werdende Geosynklinale sich einschaltet. Hätten sich wirklich ein Nord- und ein Südkontinent zur Herausarbeitung der permischen Grundanlagen der alpinen Ketten durch das Mittel einer Polfluchtkraft einander genähert, so wäre kaum einzusehen, wieso gerade zwischen denselben ein mächtiger Rindenstreifen nur zu einer flachwelligen oder primär überhaupt nur flachen alpinen Geosynklinale geworden wäre. Wo doch gerade diese alpine Geosynklinale überall, im Norden und im Süden, von mächtigen herzynischen Gebirgszügen eingerahmt erscheint. Dies wäre höchstens zu begreifen, wenn wir den ganzen Raum der werdenden alpinen Geosynklinale als eine ursprünglich der herzynischen Faltung in erhöhtem Maße Widerstand leistende, steife und darum ungefaltete gebliebene Zwischenmasse betrachten würden, die erst im Gefolge der später einsetzenden Alpenfaltung, das heißt bei noch weiterer und intensiverer Annäherung Laurasias und Gondwanas zusammengestoßen worden wäre. Wohl kennen wir gerade aus der alpinen Tethys gewisse herzynisch ungefaltete gebliebene Teile, wie beispielsweise das penninische Becken Europas, aber daneben ist gerade der größte Teil der alpinen Meere der Erde ohne jeden Zweifel auf herzynisch gefaltetem Untergrunde logiert.

In zweiter Linie scheint es nach dem ganzen Charakter der europäischen Steinkohlenflora ausgeschlossen, daß die karbonischen Kohlenflötze Europas sich in höheren Breiten gebildet haben als in denen, in welchen sie sich zu Beginn der Perm- und der Triaszeit befunden haben. Diese permische Lage der karbonen Kohlenflötze Europas können wir mit guten Gründen in erster Annäherung bestimmen, und da erkennen wir ganz deutlich, daß dieselben sich niemals weiter nördlich gebildet haben können als im besten Falle dort, wo sie zur Permzeit noch lagen. Aus diesem Grunde ist es absolut ausgeschlossen, daß der Block Laurasias aus höheren Breiten, von Norden her durch

eine permokarbone Polflucht in seine alpine Ausgangslage zur Permzeit gerückt ist. Wir stoßen vielmehr im Gegenteil schon auf große Schwierigkeiten bei der Annahme, daß der laurasiatische Block zwischen Karbon und Perm überhaupt still gestanden sei. Überlegen wir dabei nur etwa folgendes:

Für den Nordrand des alpinen Orogens Europas, d. h. mit der Lage von Basel etwa, kamen wir im vorigen Kapitel unter Berücksichtigung des mitteleuropäischen Buntsandsteingebietes bei der Rekonstruktion der alpinen Ausgangslage auf die Zeitwende Perm-Trias etwa auf die mittlere Breite von ca. 15° N. — Basel liegt aber noch heute schon ganze 4 Breitengrade südlich vom großen Steinkohlengürtel der herzynischen Hauptgebirge Mitteleuropas, beispielsweise etwa dem Ruhrbecken. Wollen wir nun die geographische Breite des einstigen Ablagerungsraumes dieses Kohlengürtels, sagen wir der Ruhrkohlen oder der belgisch-französischen Kohlenfelder ermitteln, so haben wir in erster Linie die mächtigen Falten und Überschiebungen der am Schlusse des Karbons entstandenen herzynischen Gebirge zunächst wieder auszuglätten. Es unterliegt aber nach den erst kürzlich, in der Hauptsache von KOSSMAT, SUESS und WURM erlangten Resultaten über einen weitgehenden herzynischen Deckenbau innerhalb der deutschen Herzyniden nicht dem geringsten Zweifel, daß der herzynische Zusammenschub wie der alpine ein sehr großer gewesen ist. Bleiben wir aber einmal nur bei mittleren Beträgen. Wir glauben sehr bescheiden rechnen zu sollen, wenn wir uns den vorherzynischen Raum durch die herzynische Gebirgsbildung auf etwa die Hälfte zusammengestoßen vorstellen. Vergleichsweise sei daneben der Zusammenschub des Jura-gebirges genannt, in welchem der ursprüngliche Sedimentationsraum auf $\frac{2}{3}$ eingeeengt wurde. Bei der weitgehenden Beteiligung des kristallinen Grundgebirges an der herzynischen Tektonik — es sind ja heute kristalline herzynische Decken mit Überschiebungsbreiten von bis 180 km bekannt — ist daher ein Zusammenschub der herzynischen Zone auf die Hälfte ganz gewiß nicht zu hoch gegriffen. Aber ein solcher sei nur beispielsweise hier einmal angenommen. Dann würde sich also der Raum Basel-Ruhrbecken von 4 auf 8 Breitengrade erweitern und die Ruhrkohlen hätten sich also im angenommenen Falle rund 8 Breitengrade nördlich der permischen Lage von Basel, d. h. etwa auf dem Wendekreis des Krebses gebildet. Das wäre aber mitten im großen nördlichen Wüstengürtel der Erde. Und noch widerspruchsvoller gestalten sich diese Verhältnisse, wenn wir statt der Ruhrkohlen etwa diejenigen des mittel- oder nordenglischen Bassins betrachten, die noch an die 4 Breitengrade weiter nördlich liegen, und die daher zur Permzeit nahe an den Nordrand der heutigen Sahara fallen würden. Der ganze in seiner Entstehung sicher auf feuchte tropische Waldmoore zu-

rückgehende Kohlengürtel Europas würde daher auf solche Weise zur Zeit seiner Bildung nach unseren bisherigen Annahmen mitten in den nördlichen Trockengürtel der Erde hineinfallen, ein Ding der Unmöglichkeit.

Es ist somit aus allen diesen Gründen ganz ausgeschlossen, die permische Ausgangslage des europäischen Sektors durch eine Wanderung des laurasiatischen Blockes von Norden gegen Süden, unter dem Regime einer älteren, etwa oberkarbonen Polflucht zu erklären — obschon zunächst die rein äußerliche Linienführung der laurasiatischen Südfront vermeintlich für eine solche Lösung des Problems zu sprechen scheint —, und die tieferen Ursachen der alpinen Grundanlagen sind auf anderen Wegen zu suchen, sie sind auf jeden Fall weit komplexerer Natur.

Neben diesen gewissermaßen mehr theoretischen Überlegungen aber zeigt uns endlich auch die Innentektonik des europäischen Herzynikums in durchaus konkreten Linien, mit aller Evidenz und einer gewaltigen Struktur, daß zu jener Zeit von einer Bewegung Europas gegen den Äquator hin gar keine Rede sein kann. Das ganze herzynische Gebirge Europas ist, genau wie das alpine, nach Norden zu bewegt. Und zwar ist diese Nordbewegung so großartig, und in vielem so ähnlich der alpinen, daneben für das Verständnis der irdischen Orogenesen überhaupt dermaßen instruktiv, daß für einen Augenblick bei ihr verweilt werden soll.

Drei große Zonen schälen sich heraus, genau wie bei den alpinen Gebirgen auch. Das Vorland, das Zentralorogen und das Rückland. Und genau wie bei den alpinen Gebirgen sehen wir auch die herzynischen Ketten weitgehend an ihr Vorland angepaßt. Es ist hier nicht der Ort, näher auf diese herzynischen Dinge einzutreten, aber die großen Hauptzüge der europäischen Herzyniden seien, ohne nähere Begründung — dieselbe wird an anderer Stelle einmal für sich zu geben sein — doch kurz betrachtet.

1. Die Grundlinien der europäischen Herzyniden.

Im alten **herzynischen Plan Europas** erkennen wir das Urbild der jungen alpinen Gesamtanordnung der europäischen Gebirge. Auch hier schon sind die Ketten durch uralte steife Massive zu einer riesigen Schleife deformiert, genau wie eine Epoche später die alpinen Gebirge.

Die nördliche Hauptfront der herzynischen Ketten Europas zieht vor den Westausläufern des russischen Blockes in Norddeutschland und dem Brabantermassiv von den Sudeten durch den Harz, das Rheinische Schiefergebirge und die Ardennen hinüber zum Pas de Calais und über den Kanal nach Südengland. Dort teilt sich am Golfe von Bristol

das herzynische Gebirgssystem. Ein nördlicher Nebenast streicht durch Süd-Wales und Irland geradenwegs gegen die neufundländischen Ketten Amerikas hinüber, das Hauptgebirge aber biegt vor einem direkt nur in Galicien und Kastilien näher bekannten alten „Keltiberischen Massiv“ nach Süden zurück und erreicht in Asturien und den Pyrenäen die Iberische Halbinsel. Um den alten galicischen Eckpfeiler derselben schwenkt dieser südliche Ast der europäischen Herzyniden dann durch die Gegend von Toledo und die Estremadura in einer großen Schleife wieder nach Westen zurück, erreicht in Portugal den Ozean und mag quer durch denselben, etwa dem Verlauf einzelner iberider Ketten über die Azoren folgend, ebenfalls in die herzynischen Ketten Nordamerikas einmünden.

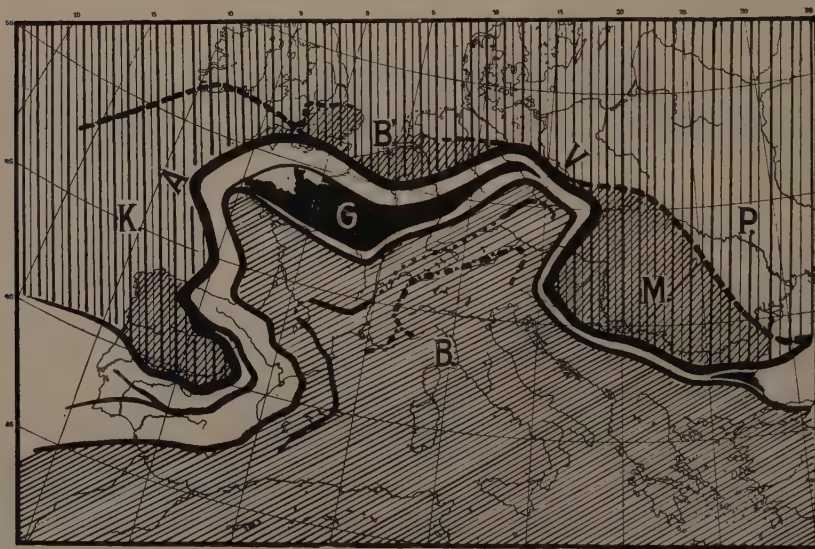


Fig. 34. Der herzynische Grundplan Europas. R. STAUB, 1927.

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| K = Keltiberische Masse | G = Germanogallisches Zwischenmassiv |
| II' = Brabantermassiv | II = Böhmisches Rückland |
| P = Podolischer Block | A = Armorikanischer Bogen |
| M = Magyarische Masse | V = Variakischer Bogen |
| Senkrechte Schraffur = Vorland | — — — Vorlandgebirge |
| Weiß = Herzynische Hauptgebirge | — — — — — Verlauf der Prager Mulde |
| Schwarz = Zwischengebirge | - . . - . Wurzelkeile |
| Schräge Schraffur = Rückland | |

In gleicher Weise wie die herzynische Front sich im südlichen England teilt, so tut sie dies nun auch in Schlesien. Die Hauptfront weicht vor einem südwestlichen, heute von den alpinen Gebirgen begraben und weitgehend deformierten Ausläufer des podolischen Massivs, der sog. „Magyarischen Masse“, in den Sudeten scharf gegen Süden zurück, ein nördlicher Nebenast streicht durch das Polnische Mittel-

gebirge den Ketten der Dobrudscha zu. Im Balkangebirge erscheint auch der südliche, unter oder in den alpinen Gebirgen der Donauländer verloren gegangene Hauptast der Sudeten wieder und zieht, von da an dem polnischen Nebenast wieder weitgehend konform, erneut mit normaler Ost-Westrichtung den asiatischen Gebirgen zu. Das herzynische Hauptgebirge Europas beschreibt somit zwischen Sachsen, den Sudeten, dem westlichen Ungarn und dem Balkangebirge eine ganz ähnliche Schleife wie im Westen zwischen Ardennen, Südengland, Spanien und Portugal.

Im europäischen Westen war es das mächtige, heute größtenteils im Meere begrabene Keltiberische Massiv, das die herzynischen Hauptketten zu ihrer großen spanischen Schleife zwang. Hier im Osten ist es nun das Podolische Massiv mit seinem machtvollen magyarischen Anhängsel, das gewissermaßen als äußerster südwestlicher Ausläufer der starren russischen Masse die herzynischen Hauptketten zu einer ungarischen Schleife deformiert und sie vor weiterem Vordringen zurückhält. **Podolisch-magyarische Masse und keltiberischer Block** bildeten somit der herzynischen Bewegung gegenüber ganz ähnliche hochstarre seitliche Widerlager, wie später die korsosardisch-iberische Masse und der pontisch-walachische Block gegenüber der alpinen. Die herzynischen Hauptketten Europas fließen zwischen diesen starren Pfeilern der podolisch-magyarischen und der keltiberischen Masse wie später die alpinen Gebirge in eine große, freie Entwicklung der Bewegung gestattende mitteleuropäische Bucht hinein, und ihr Streichen paßt sich dabei, genau wie in der Folge das der jungen Alpiden, in einer großen Doppelschleife weitgehend deren Verlauf und Umriß an.

So stößt zwischen keltiberischer und podolisch-magyarischer Masse die Hauptfront der herzynischen Gebirge Europas von Süden her in aller Deutlichkeit weit und ungehindert nach Norden vor, bis sie endlich im Raume zwischen Brabantermassiv und Russischer Tafel durch die südwestlichen Ausläufer des Baltischen Schildes und kaledonische Fragmente in ihrem so klaren Nordmarsch aufgehalten wird. Das Brabantermassiv teilt dabei die herzynische Hauptfront zwischen Spanien, Mitteleuropa und dem Balkan in zwei große Hauptsegmente, den **armorikanischen Bogen** im Westen, den **variskischen Bogen** im Osten. Im herzynischen Vorland aber entstehen mächtige **Vorlandgebirge**, und zwar auffallenderweise in durchaus ähnlicher Anordnung beidseits der großen Schleife der zentralen Hauptgebirge, wie bei den alpinen Ketten auch. Dabei kann man sich mit einem gewissen Recht fragen, ob nicht der **irische** und der **polnisch-galizische** Ast der europäischen Herzyniden als direkte herzynische Analoga zu den alpinen Vorlandgebirgen der Pyrenäen und des Kaukasussystems zu betrachten sind. Ihre Stellung zum herzynischen Hauptbogen zwischen Spanien, Südeng-

land, Mitteleuropa und dem Balkan ist absolut dieselbe wie die der Pyrenäen und des Kaukasus zum jungen Bogen der Alpiden. Sodann sind die schwächeren herzynischen Bewegungen in Mittelengland, in der Irischen Tafel, im Schottischen Graben, des fernerer die intensiver zusammengeschobenen Ketten des Malvern-Hills-Zuges, die spätherzynischen Bruchlinien des Teutoburger Waldes, das herzynische Donezgebirge, u. a. m. als weitere äußere Contrecoups des herzynischen Ansturms im sonst starren Vorland der europäischen Herzyniden zu betrachten. In der Gegend des heutigen Pariser Beckens schaltet sich ein mächtiges starres **Zwischengebirge** zwischen die herzynischen Hauptketten ein, das an seinen beiden Enden die Falten der Bretagne, der Ardennen und der Vogesen zu weiten Virgationen zwingt. Das ist das **gallische Massiv**, als ein zentrales herzynisches Zwischengebirge gewissermaßen ein Gegenstück zum alpidinarischen Zwischenmassiv der pannonischen Masse. Weitere frontale herzynische Zwischenmassive erscheinen im Untergrund des Londoner Beckens zwischen Bristol und dem Becken von Münster in Westfalen, als das erweiterte **Brabantermassiv**, im Untergrund des ungarischen Beckens und der Karpathen, etwa zwischen Breslau, Belgrad und der Dobrudscha als die **magyarische Masse**.

Der **Innenbau der herzynischen Ketten Europas** erscheint im Querschnitt ganz ähnlich gegliedert wie der der alpinen Gebirge. An der Außenfront des herzynischen Hauptbogens werden, vom Kanal durch die Ardennen und den Harz bis in die Sudeten, ältere Fragmente kaledonischer Ketten in den Gebirgsrand einbezogen, in ähnlicher Weise wie die herzynischen Massive der Westalpen etwa in den jüngeren alpinen Bau eingeschleppt sind. Der herzynische Außenrand ist, wenigstens in den frontalen Segmenten der herzynischen Ketten, zwischen dem Bristolkanal und den Sudeten, eine Zone kräftiger gegen außen gerichteter Schuppungen und Überschiebungen, die besonders aus Belgien und Nordfrankreich seit langem bekannt sind. Weiter einwärts folgen mächtige nordgetriebene Decken vom Charakter der Helvetiden der Alpen in den Ardennen, dem Rheinischen Schiefergebirge, im Taunus und im Harz, wo sie neuerdings von KOSSMAT in aller Deutlichkeit erkannt worden sind. An ihrem Innenrande erscheinen, gewissermaßen als herzynische Analoga der autochthonen Zentralmassive der Alpen, die kristallinen Massen des Odenwaldes, des Spessart, des Thüringer Waldes, des sächsischen Granulitgebirges und der Sudeten. An diese im großen ganzen sicher autochthone Region schließt sich die so wichtige Zone des Erz- und des Fichtelgebirges an, die längs dem Innenrande der Sudeten fortsetzt in die moravischen Fenster Mährens, und die mit ihrer plastischen Umformung und ihrem ausgezeichneten Deckenbau so weitgehend an die penninische Zone der Alpen erinnert. Und schließ-

lich rückt, entsprechend den austriden Elementen der Alpen, am Innenrand der deutschen Herzyniden die Böhmisches Masse in Form einer ganz gewaltigen Überschiebungsdecke an die 200 km weit über die äußeren herzynischen Zonen des Erz- und des Fichtelgebirges und der Sudeten nach Norden vor, gewissermaßen als das starre Rückland der eigentlichen herzynischen Ketten. Eine ganze Reihe böhmischer Klippen liegt so in isolierten Resten weit außerhalb der eigentlichen Böhmisches Masse in exotischen Deckschollen den äußeren Gebirgszonen auf, vom klassischen Münchberg bei Hof über Wildenfels und Frankenberg bis hinüber ins Eulengebirge. In ihrem Rücken ist diese mächtige „Böhmisches Decke“, in Böhmen selber, besonders in der Mulde von Prag, schwach gefaltet, und als ihre westliche Fortsetzung erscheint schließlich, durch den altbekannten kristallinen Aufbruch von Nördlingen deutlich mit der Böhmisches Masse selber verbunden, das Massivpaar Vogesen-Schwarzwald¹⁾.

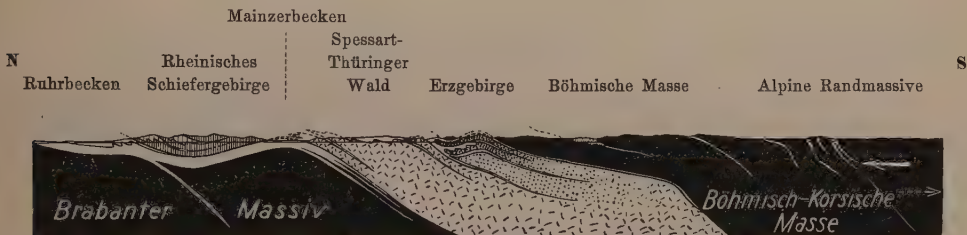


Fig. 35. Schematisches Generalprofil durch die Herzyniden Deutschlands. R. STAUB, 1927.

- Schwarz = Vor- und Rückland (Brabant-Massiv und Böhmisches Masse)
- Weiß = Autochthone Sedimentserie, Sedimente des Zwischengebirges und des Erzgebirges
- Schraffur = Rheinische Decken
- Hachiert = Zwischengebirge (Spessart—Odenwald—Thüringer Wald—Granulitgebirge)
- Grobe Punkte = Decken des Erzgebirges
- Feine Punkte = Sedimente der Böhmisches Masse

Die nächstsüdliche herzynische Zone ist wohl sicher in den autochthonen Zentralmassiven der Alpen zu suchen. Die dortigen so klar in die Erscheinung tretenden steilen Karbonmulden legen dabei die Vermutung nahe, es könnten hier eventuell die Wurzelmulden der Böhmisches Decke vorliegen, gewissermaßen als Vertreter eines herzynischen Drauzuges. Die herzynischen Elemente der Karnischen Alpen jedoch gehören einer neuen herzynischen Kalkalpenzone an,

¹⁾ Diese Auflösung der deutschen Herzyniden deckt sich fast völlig mit der eben in meine Hände gelangenden „Gliederung des varistischen Gebirgsbaues“ von FRANZ KOSSMAT. Ich freue mich dieser Übereinstimmung meiner unabhängig von KOSSMAT gewonnenen Anschauungen mit den Ansichten eines so hervorragenden Kenners der herzynischen Gebirge Deutschlands.

die bestimmt weit südlich an die böhmische Zentralzone anzuschließen ist. Deren streichende Fortsetzung ist wohl im Untergrund des marinen Perms Siziliens etwa zu suchen.

Alles in allem zeigt so das herzynische Gebirge Deutschlands einen ganz gewaltigen, den alpinen Strukturen mindestens ebenbürtigen und weitreichenden Deckenbau, an dem, wenigstens im Umkreis der Böhmisches Masse, das kristalline Grundgebirge in höchstem Maße mitbeteiligt ist. Diese machtvollen Decken- oder gar Schollenbewegungen der inneren kristallinen Zonen des herzynischen Zentralstranges sind nun zwar bisher zur großen Hauptsache nur im Osten, eben im Bereich der eigentlichen Böhmisches Masse, besonders durch die ausgezeichneten und in vielem so bahnbrechenden Studien von F. E. SUESS, KOSSMAT, WURM und PIETZSCH bekannt geworden. Es kann aber gar keinem Zweifel unterliegen, daß diese größten Phänomene des europäischen Herzynikums mit ihren ganz gewaltigen Überschiebungen auch weit über das böhmische Areal hinaus nach Westen und Süden greifen. Die Zusammenhänge sind nur durch die jüngeren Sedimente und die alpinen Gebirge heute oft bis zur Unkenntlichkeit maskiert. Aber es scheint beispielsweise schon jetzt kein allzu gewagter Schritt mehr, wenn wir die Fortsetzung der großen böhmisch-sächsischen Hauptüberschiebung etwa an den Nordrand der Vogesen und des französischen Zentralplateaus verlegen und ihre weitere Spur etwa in der enggepreßten Mulde von Ancenis in der Bretagne vermuten. Die Böhmisches Masse würde damit das gallische Massiv im Untergrund des Pariser Beckens längs seinem Südrande in weiter Kurve umfließen.

Der ganze Charakter des französischen Zentralplateaus ist in der Tat, wie erst ganz kürzlich auch F. E. SUESS wieder besonders betont hat, der der Böhmisches Masse. Längs seinem Nordrand sind, besonders im Morvan, größere Überschiebungen durch TERMIER und seine Schüler, durch DEMAY u. a. seit langem bekannt, die in vielem direkt an die großen Randüberschiebungen der böhmischen Masse des Ostens gemahnen. Des ferneren erinnert das Grundgebirge des Zentralplateaus oft überaus stark an das der Böhmisches Masse. Die Montagne Noire am Südrand des Zentralplateaus ist weiter, auch in fazieller Hinsicht, ein ausgezeichnetes Äquivalent der großen Mulde von Prag. Durch die alpin deformierten Ketten Nordspaniens aber verfolgen wir unsere herzynischen Großelemente Mitteleuropas, Vorland, Randzone, gefaltete sedimentäre Serien und kristallines böhmisches Rückland ohne Schwierigkeiten noch weiter, bis hinab ans Mittelmeer. Der altkristalline galicisch-kastilische Zentralblock der spanischen Meseta und die breite paläozoische Zone der Hispaniden entsprechen dabei den äußeren Teilen des Nordens, etwa dem Brabantermassiv und den Ardennen oder dem

Rheinischen Schiefergebirge; der große korsosardische Block aber, der bis weit in die Pyrenäen hinein reicht, ist das tektonische Äquivalent der Böhmisches Masse. Nicht umsonst nähert sich auch das katalonische Silur so auffallend dem böhmischen. Dabei erscheint in diesem spanischen Sektor noch von besonderem Interesse, daß hier, wo die linke Flanke des großen nach Norden treibenden armorikanischen Bogens Europas dem seitlichen galicischen Widerlager entlang schleift, die herzynischen Ketten Spaniens, Asturiens besonders, in ähnlicher, wenn auch bedeutend schwächerer Rückfaltung begriffen sind, wie im alpinen System etwa der Apennin in der Flanke der korsosardischen Masse.

Diese neue Auffassung des herzynischen Systems Europas wirft nun auch neues Licht auf die bisher so merkwürdig befundenen verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen einzelnen, ganz verschiedenen alpinen Zonen angehörenden **Eruptivgesteinsprovinzen der Alpen** vor allem. So erschien von jeher auffallend die weitgehende Analogie zwischen der granodioritischen Provinz des östlichen Gotthard und jener der Sella-Dentblanchedecke, so zeigt die Berninaprovinz zum Teil größere Ähnlichkeit mit dem östlichen Aarmassiv. NIGGLI hat schon vor Jahren auf diese Dinge hingewiesen. Die Banatite der Sella- und Berninaprovinz, die Arkesine der Dentblanche erinnern ganz auffallend an die „Cristallinagranite“ des Gotthard, Julier-ähnliche Typen fand ich im Hohen Atlas, und die Alkaligranite der Bernina erkennen wir wieder in den alkalischen Graniten des Pelvoux und zum Teil Korsikas. Bisher schien eine derartige Gleichmäßigkeit der Eruptivgesteine in den allerverschiedensten tektonischen Einheiten der Alpen fast unverständlich und zufällig. Nun aber zeigt uns die Analyse des herzynischen Systems, daß eben das ganze heutige Alpengebiet mitsamt seinem Vorland auf Korsika, im Zentralplateau, in Schwarzwald-Vogesen und Böhmisches Masse, einer einzigen großen tektonischen Haupteinheit des Herzynikums angehörte, d. h. eben der „Böhmischen Schubmasse“ im weitesten Sinne. Dieses ganze ausgedehnte Gebiet erscheint als die einheitliche Rücklandsscholle der herzynischen Ketten, als eine große tektonische Grundeinheit, und so wird die nahe Verwandtschaft aller in diese geschlossene Scholle intrudierenden postherzynischen Eruptivgesteine recht wohl verständlich. Das ganze heutige Alpengebiet liegt eben in einer einzigen wohl individualisierten Grundeinheit des herzynischen Systems, das ganze Alpengebiet fällt in den starren Rücklandsockel der Herzyniden. Wie sich in der Folge dann diese Einheit gliedert und in die einzelnen Kompartimente der alpinen Zone differenziert hat, werden wir weiter zu untersuchen haben. Auf jeden Fall aber unterstreicht die Blutsverwandtschaft der herzynischen Eruptivgesteine der Alpen die ursprüngliche Einheit des al-

pinen Gebietes Europas, dasselbe bildete im herzynischen System das einheitliche Rückland der großen Ketten.

Betrachten wir das auf diese Weise gewonnene Gesamtbild der europäischen Herzyniden als Ganzes, so erkennen wir, genau wie bei den alpinen Gebirgen dieses Sektors, eine gewaltige und eindeutige **Bewegung aller Massen gegen Nord**. Dieselbe offenbart sich heute nicht mehr nur durch die seit MARCEL BERTRAND klassisch gewordenen frontalen Randüberschiebungen in Belgien und Nordfrankreich, und nicht nur durch die mächtigen von KOSSMAT, F.E.SUESS und WURM beschriebenen Überschiebungen der kristallinen Böhmisches Masse, sondern dieselbe spiegelt sich vor allem auch im nun rekonstruierten Gesamtverlauf der herzynischen Ketten Europas, im Grundriß der europäischen Herzyniden, in großartigster Weise. Die herzynischen Ketten dringen zwischen podolischem und keltiberischem Block in ganz analoger Weise tief und eindeutig in das europäische Vorland ein, wie im Tertiär die jungen alpinen Gebirge. Sie stoßen in dieser ersten mitteleuropäischen Bucht an die 1200 km weit nach Norden vor, dabei in ähnlicher Weise sich den seitlichen starren Widerständen anschmiegend wie die Ketten der Alpen.

Die Nordbewegung der herzynischen Ketten Europas ist also eine ganz ähnliche und dabei noch viel gewaltigere gewesen als die der alpinen Gebirge.

Wir hatten eingangs dieses Kapitels, gewissermaßen auf eine Probe versucht, die primären Grundanlagen der alpinen Orogenese, im besonderen die Stellung der beiden großen irdischen Grundkontinente, Laurasias und Gondwanas, im permischen Raum durch eine „Polflucht“ dieser beiden Schollen zu erklären. Aber schon rein theoretische Überlegungen zeigten sofort die Unhaltbarkeit dieser These. Durch die prachtvoll dokumentierten Tatsachen des herzynischen Baues Europas aber wird dieselbe nun erst recht in aller nur wünschenswerten Schärfe widerlegt, denn nach dem ganzen herzynischen Bewegungsbild Europas ist es direkt ausgeschlossen, daß der Block Europas während oder auch nach der herzynischen Orogenese irgendwie im Sinne einer laurasiatischen Polflucht von Norden gegen Süden gerückt ist. Die permische Ausgangsstellung Laurasias und Gondwanas, um damit erneut wieder auf dieselbe zurückzukommen, muß daher auf andere Art erklärt werden.

Wir führen daher vorderhand die Diskussion über diese Frage weiter und wollen nun einmal versuchen, unter systematischem Einsatz paläogeographischer Gesichtspunkte einer Lösung dieses so merkwürdigen Problems der alpinen Ausgangsstadien näher zu kommen.

2. Weitere paläogeographische Diskussion der permischen Lage Laurasias und Gondwanas

Sicher ist, daß im zentralen Sektor Europas und Afrikas auch die herzynischen Ketten von Süden her auf den Block Laurasias geschoben wurden. Das mag uns, zusammen mit der Fazies der herzynischen Sedimente, weitere Anhaltspunkte auf unseren Weg mitgeben.

Zwischen Guadalquivir und Cardiff umfaßt das herzynische Orogen, die beträchtliche alpine Zusammenstauung in den Pyrenäen und Asturien nicht eingerechnet, rund 14 Breitengrade; darüber hinaus reicht das englische Karbon abermals über 4° hinaus bis nach Schottland. Beziehen wir diese Grenzen des herzynischen Orogens und des europäischen Karbons überhaupt, nun wiederum, um einen einigermaßen festen Vergleichspunkt zu haben, etwa auf die permische Lage von Basel, und betrachten wir abermals, wie im letzten Kapitel, den herzynischen Gesamtzusammenschub, die kleineren alpinen Deformationen dieser herzynischen Hauptzone miteingerechnet, als von der Größenordnung, daß der ursprüngliche herzynische Ablagerungsraum dadurch etwa auf die Hälfte zusammengestoßen worden sei. Dann ergibt sich folgendes Bild.

Die „Lage Basels“ rückt im Perm unter Berücksichtigung der Wüstenablagerungen des deutschen Buntsandsteingebietes, wie schon früher dargelegt worden ist, etwa in die Breiten des Tsadsees hinunter, also auf rund 15° n. Br. Die herzynische Nordfront an der Ruhr oder den Mendips liegt im Perm schon fast genau wie heute etwa 4° nördlich dieser Tsadseebreiten, sagen wir bei rund 20° n. Br. Die mittenglischen und schottischen Kohlen lagen abermals 4° nördlicher, auf 24° n. Br. Der Südrand der — 14 Breitengrade umfassenden — europäischen Herzyniden, etwa die Lage der Sierra Morena, gelangt unabgewickelt zur Permzeit auf 6° n. Br.; glätten wir aber die gegen Norden gestoßenen herzynischen Falten und Decken wieder aus, so kommen wir mit dem Südrand des europäischen Herzynikums vor Beginn der herzynischen Orogenese auf rund 28° südlich der herzynischen Nordfront, also auf rund 8° s. Br. Der **Kohlengürtel Europas** käme nach diesen Annahmen zur Zeit seiner Bildung etwa in den Raum zwischen 8° s. Br. und 24° n. Br. zu liegen, d. h. er würde mit seinem Nordrand noch weit in den nördlichen Wüstengürtel der Erde hineinreichen, falls Europa während und nach der herzynischen Orogenese auch nur an Ort und Stelle still gestanden wäre. Das ist aber absolut unmöglich. Denn die Floren der europäischen Steinkohlen zeigen, und zwar auf eine abgewinkelte Breite von mindesten 30 Breitengraden, stets tropischen Regenwaldcharakter. Jedes mindeste Anzeichen der Wüste fehlt. Erst viel weiter im Norden finden wir in Europa schwache Anzeichen einer nahen karbonischen Wüste, etwa in den roten Tönen der Moskauer-

stufe, und sichere Zeugen eines eigentlichen Wüstenklimas tauchen erst oben in Grönland auf, wo das Karbon in roten Konglomeraten und Sandsteinen entwickelt ist.

Wir müssen daher den primären Ablagerungsraum des herzyniden Kohlengürtels Europas unseren Annahmen gegenüber um ein bedeutendes Stück nach Süden zurückverlegen, wollen wir die klimatischen Bildungsbedingungen desselben realisieren; am besten wohl auf einen mehr oder weniger symmetrisch zum Äquator gelegenen Gürtel. Der Nordrand des europäischen Kohlengürtels wäre dann bei 15° n. Br., der Südrand etwa bei 15° s. Br. anzunehmen. Bei dieser Auffassung käme der äußerste Norden des vorherzynischen Kontinentalsockels Europas mit der Gegend des heutigen Spitzbergens mindestens in die Breiten von Valencia oder noch eher Andalusiens zu liegen, sagen wir allgemein etwa in die Breiten der Straße von Gibraltar, d. h. auf ca. $35-40^{\circ}$ n. Br. Der Südrand des vorherzynischen europäischen Kontinentalblockes hingegen, der später durch den Verlauf der herzynischen Nordfront unterstrichen und in aller Schärfe markiert ist, fällt bei diesen Annahmen, und zwar wenn wir uns den herzynischen Zusammenschub nur von 14° auf 25° ursprünglicher Breite wieder ausgeglättet denken, auf allermindestens 10° n. Br.¹⁾ Der Block des vorherzynischen Europas stand so zu Beginn der herzynischen Paroxysmen zwischen 40° und 10° n. Br., d. h. schon recht nahe dem Äquator. Ihm gegenüber aber lag, wie die karbonischen Floren und glazialen Blocklehme des Kaplandes in aller Deutlichkeit zeigen, eine mächtige afrikanische Masse, die bis gegen den Südpol hinabreichte. Unter diesen Umständen begreifen wir nun auch, daß in dem an sich schon schwachen und dem Äquator weitgehend genäherten europäischen Sektor eine bedeutendere zentrifugal wirkende Polfluchtkraft gar nicht zustande kam, sondern daß eine solche schon in ihren ersten Keimen von einer überaus mächtigen Polflucht des afrikanischen Kolosses vollständig überwältigt wurde. Die afrikanische Masse schob auf diese Art schon im Verlauf der herzynischen Orogenese, in ähnlicher Weise wie später bei der alpinen, als mächtiger überaus polfluchtkräftiger Block ein schwaches und infolge seiner Lage in niederen Breiten gar nicht zu einer stärkeren Polflucht befähigtes Europa einfach auf die Seite. Darum geht auch alle Bewegung in den herzynischen Ketten Europas ganz eindeutig, genau wie später in den alpinen Gebirgen, gegen Norden.

Es ist daher auf gar keinen Fall auch nur irgendwie zu begründen, daß der europäische Block sich während der herzynischen Orogenese

¹⁾ Es entfallen nämlich von dem 30° breiten Kohlengürtel Europas 25° auf die herzynische Geosynklinale; der südliche Rand des vorherzynischen Blockes Europas muß daher, da alle herzynische Bewegung in Europa gegen Norden geht, vor den herzynischen Paroxysmen 25° nördlich vom Südrand des europäischen Kohlengürtels, der nach unseren Annahmen am ehesten bei 15° s. Br. stand, d. h. eben bei 10° n. Br. liegen.

etwa nach Süden geschoben und dabei die heranrückenden Herzyniden etwa unterfahren hätte. Alle Bewegung Europas ging auch bei der herzynischen Orogenese nach Norden, das zeigt uns der Verlauf der europäischen Herzyniden und der Florencharakter des europäischen Karbons mit aller Deutlichkeit.

Bestimmen wir nun aber auch einmal die alpine Ausgangslage Basels, d. h. dessen Lage im Perm, am Schlusse der herzynischen Zusammenschübe, auf Grund dieser neueren Kenntnisse; indem wir als Ausgangspunkt der Berechnung den Ablagerungsraum der herzynischen Kohlen Europas als auf den damaligen Tropengürtel symmetrisch des Äquators beschränkt betrachten. Dann erkennen wir etwa folgendes:

Die schottischen und mittelenglischen Kohlenfelder liegen dann zwischen 10° und 15° n. Br., die herzynische Front auf circa 10° . Es mögen auch 11° sein, das spielt hier gar keine Rolle. Südlich davon ist der herzynische Raum von ursprünglich etwa 28 Breitengraden zusammengerückt auf etwa 14° , d. h. wir gelangen mit dem Südrand der Herzyniden auf rund $4-5^{\circ}$ s. Br. Die Stellung von Basel, heute rund 4° südlich der herzynischen Nordfront, käme dabei auf 6° n. Br. zu Anfang des Perms. Dadurch aber ergibt sich gegenüber der für das obere Perm errechneten „alpinen Ausgangslage“ Basels auf dem 15° Grad n. Br. ein Unterschied von rund 9 Breitengraden, d. h. eine Differenz von nahezu 1000 Kilometern. Um diesen enormen Betrag müßte Europa etwa während des Perms nach Norden gewandert sein, sonst ist jede Erklärung der Faziesreihen des Karbons, des Perms und der Trias ganz illusorisch.

Betrachten wir nun vom gleichen Standpunkte aus auch einmal das **Verhältnis Europas zu Afrika**.

Wir haben eben — ausgehend von der paläogeographisch unumgänglichen Voraussetzung der Lokalisierung des herzyniden Kohlen-gürtels auf die äquatoriale Zone — ungefähr errechnet, daß am Schlusse des Karbons, sagen wir am Anfang des Perms, der Südrand der europäischen Herzyniden, etwa die Lage der Sierra Morena, auf rund 5° s. Br. gelegen haben muß. Nun sahen wir aber im letzten Kapitel (S. 174) an Hand der alpinen Abwicklungszahlen und der permotriadischen Fazies- und Klimaverhältnisse Europas, daß die afrikanische Nordfront im oberen Perm etwa auf rund 10° s. Br. zu suchen war. Das heißt, wir hätten in diesem Zeitpunkt, selbst vorausgesetzt, die afrikanische Nordfront hätte sich aus irgendeinem Grunde bisher nie weiter nach Norden bewegt als bis zu diesen 10° s. Br., zwischen dem Nordrand Afrikas und dem postherzynischen Südrand Europas nur einen Zwischenraum von knapp 5 Breitengraden, der nun für die alpine Tethys in Frage kommen konnte. Dabei mißt aber allein die alpine Zone der westlichen Tethys noch heute, nach den großen alpinen Zusammen-schüben, schon auf der schmalen Strecke Jaen—Figuig, zwischen

europäischem Süd- und afrikanischem Nordrand, noch rund 6—7 Breitengrade, d. h. an die 800 Kilometer. Man mag dabei für die eventuell etwas gedehnte Meeresstrecke zwischen spanischer und marokkanischer Küste etwa 1° abziehen, aber wir kommen immer noch zu dem Resultat, daß das Gebiet der Tethys auch hier, wo es relativ nur schmal war, sogar eine heutige, d. h. zusammengeschobene Breite von noch mindestens 700 Kilometern besitzt. Und zwischen dem Nordrand der westlichen betischen Ketten bei Sevilla—Cadiz und dem Südabfall des Atlassystems messen wir, quer zur sicher nicht nachträglich gedehnten Straße von Gibraltar, gleichfalls über 6 Breitengrade. Für die ausgeglättete ursprüngliche Distanz zwischen dem Südrand der Sierra Morena und dem Nordrand der Saharatafel aber dürfen wir nach den Erfahrungen im einfachgebauten Juragebirge — wo der Zusammenschub an Hand genauer Profilserien auf $\frac{2}{3}$ der ursprünglichen Ablagerungsbreite berechnet worden ist — in Betrachtung des Spanien-Marokko-profiles doch wohl an die 13 Breitengrade, mindestens aber doch etwa 1300 Kilometer rechnen.

Das ist aber mehr als doppelt soviel wie der eben auf Grund zwingender paläogeographischer Daten errechnete permische Abstand der afrikanischen Nordfront — in Frage kommt dabei immer nur der Nordrand der Saharatafel — vom europäischen Südrand der Sierra Morena. Dabei ist sogar angenommen worden, der afrikanische Nordrand hätte sich quasi nicht dem herzynischen Vorrücken in Europa aufgeschlossen, sondern zwischen dem Südrand des europäischen Herzynikums und dem Nordrand der Saharatafel sei ein mehr oder weniger ungefaltetes Zwischengebiet eingeschaltet geblieben. Was seinerseits im Grunde genommen bei den Komplikationen im europäischen Herzynikum kaum anzunehmen ist. Wenn ein solcher Zwischenraum existierte, so wurde er, wenigstens im westlichen, spanischen Sektor, wahrscheinlich auch in Falten gelegt und enger zusammengedrängt. Doch bleiben wir bei diesem vorderhand unerweisbaren Zwischenraum stehen. Da bleibt uns immer noch, auch im besten Falle, auf der Strecke zwischen Sahara und Sierra Morena ein Manko von 8 Breitengraden für die Installierung der alpinen Tethys. Das heißt ein Manko von gegen 900 Kilometern. Unsere Rechnung stimmt daher nicht auf eine Strecke von der Größenordnung Paris—Wien, oder Hamburg—Genua, oder London—Marseille, oder um es noch auffälliger auszudrücken, sie stimmt nicht auf eine Strecke, die zwischen Genf und der afrikanischen Küste in Ostalgie die Breite des heutigen Mittelmeeres um die Hälfte noch übertrifft. Eine solche Diskrepanz aber ist zu groß, um nur auf einen Rechnungsfehler zurückzugehen.

Oder haben wir vielleicht wirklich einen zu großen „Zusammenschub“ für die alpinen und herzynischen Gebirge angenommen? Rechnen wir doch einmal mit geringeren Beträgen, d. h. etwa mit dem Zusammenschub, der für das Juragebirge Gültigkeit hat, also einem Zusammenschub auf $\frac{2}{3}$.

An der Annahme, daß Basel für die Perm-Buntsandsteingrenze etwa in die Breiten des Tsadsees, d. h. auf rund 15° n. Br. zu liegen komme, ist wohl nicht viel zu ändern, liegen doch dann die äußersten nördlichsten Buntsandsteingebiete Europas (im heutigen Schottland und Skandinavien) auf etwa $27-28^{\circ}$ n. Br. Nehmen wir aber einmal 30° als die Nordgrenze der europäischen Buntsandsteinwüste an, dann wird Basel auf $17-18^{\circ}$ n. Br. hinaufgerückt. Das ist etwa der Südrand Alteuropas im oberen Perm. Der Nordrand der Saharatafel rückt dann, nach der verabredeten nur „juramäßigen“ Ausglättung der alpinen Ketten auf $\frac{3}{2}$ ihrer jetzigen Breite, auf etwa $1-2^{\circ}$ s. Br., möglicherweise, bei Annahme von Dehnungen in der Mittelmeerzone, direkt auf den Äquator. 17 Breitengrade ist wohl das Minimum dessen, was wir dem Raum der Tethys zuschreiben müssen. Das sind aber immer noch nicht bloß die obigen 5° , sondern beinahe 1900 Kilometer.

Nehmen wir nun für die abgewickelten Breiten des europäischen Herzynikums — diese Zone mißt wie die alpine etwa 14 Breitengrade — gleichfalls nur 17 Breitengrade oder 1900 Kilometer an, so liegen die südlichsten herzynischen und die nördlichsten außerherzynischen Kohlenfelder Europas zwischen der Sierra Morena und Schottland ursprünglich rund 21° voneinander entfernt. Verteilen wir diesen europäischen Kohlegürtel mit seinen 21° Breite wieder gleichmäßig, wie im Falle unserer ersten Rechnung, beidseits des Äquators —, der Nordrand liegt dann auf $10^{\circ} 30'$ n. Br., der Südrand auf $10^{\circ} 30'$ s. Br. —, und schieben wir nun die herzynischen Gebirge wiederum von 17° auf 14° zusammen — was ganz sicher zu wenig ist für die herzynische Orogenese —, so gelangen wir bei einer Nordfront der Herzyniden in $6^{\circ} 30'$ n. Br. zu einem herzynischen Südrand von rund 8° s. Br.¹⁾. Das heißt, der Südrand des europäischen Herzynikums läge dann zu Beginn des Perms sogar 8° südlicher als der Nordrand Afrikas im oberen Perm. Eine Tethys hätte somit, im Perm zumindest, überhaupt keinen Platz mehr zwischen den beiden Blöcken, und die Lage Basels wäre dabei etwa auf $2-3^{\circ}$ n. Br., nicht aber auf $17-18^{\circ}$ n. Br. zu suchen. Unsere zweite Rechnung stimmt also in gar keiner Weise mit den beobachtbaren Tatsachen überein.

¹⁾ 1. Breite des alpinen Orogens unabgewickelt = $12-13^{\circ}$

„ „ „ „ abgewickelt = $18-20^{\circ}$

Nordrand des alpinen Orogens (Basel) im Perm $17-18^{\circ}$ n. Br.

Südrand des abgewickelten Orogens = Nordrand der Saharatafel
 $1-2^{\circ}$ s. Br.

Mit Berücksichtigung möglicher Dehnungen 0°

2. Breite des herzynischen Orogens unabgewickelt = 14°

„ „ „ „ abgewickelt = 17°

Breite des Kohlegürtels (mit mittelenglischen u. schottischen Kohlen) = 21°

Nordrand des Kohlegürtels (Schottland) ursprünglich auf $10^{\circ} 30'$ n. Br.

Herzynische Nordfront 4° südlicher $6^{\circ} 30'$ n. Br.

Herzynische Südfront = nach Zusammenschub 14° südlicher, auf $7^{\circ} 30'$ s. Br.

Man mag gegen diese Rechnungsweise vielleicht mit gutem Recht einwenden, daß im einen Falle der permische Nordrand Afrikas im Meridian von Basel bestimmt wurde, der herzynische Südrand Europas hingegen im Meridian Spaniens. Gewiß mag auch dies zu Diskrepanzen führen, aber dieselben werden keineswegs etwa kleiner, wenn wir beispielsweise einmal beide Faktoren etwa im Meridian Spaniens bestimmen. Wir erkennen dabei vielmehr folgendes:

Nehmen wir den Nordrand der europäischen Buntsandsteinwüste wiederum bei 30° n. Br. an, so gelangen wir mit der Lage Basels auf $17-18^{\circ}$ n. Br., mit dem Südrand der Sierra Morena aber, die heute etwa 9° südlicher liegt als Basel, bei Berücksichtigung des alpinen Zusammenschubes in den Pyrenäen, auf rund 10° südlicher, d. h. auf ca. 7° n. Br. Der Nordrand der Alpiden bei Cadiz—Sevilla mag dabei auf etwa 6° n. Br. gelegen haben. Glätten wir nun den alpinen Raum zwischen Cadiz—Sevilla und dem Südrand des Hohen Atlas, der heute $6-7$ Breitengrade beträgt, um denselben Betrag aus wie die alpinen Ketten im Meridian von Basel, zunächst von 1 auf 2, so kommen wir zu einem primären alpinen Sedimentationsraum von rund 12 Breitengraden. Das heißt, der Nordrand der Saharatafel läge in diesem so konkreten Falle auf rund 6° s. Br. Diesem afrikanischen Nordrand steht aber nach der ersten Rechnungsart der herzynische Südrand der Sierra Morena auf 5° s. Br. gegenüber, so daß für die westliche Tethys nur ein Raum von knapp 1° zur Verfügung stände. Und nach der zweiten Rechnungsart läge auf diese Weise der Südrand des europäischen Herzynikums mit $7^{\circ} 30'$ s. Br. mehr als $1\frac{1}{2}^{\circ}$ südlicher als der gefundene permische Nordrand der Saharatafel. Und wenn wir schließlich den alpinen Zusammenschub auch im westlichen Mittelmeer auf $\frac{2}{3}$ veranschlagen, so fällt die Rechnung für eine Tethys noch fataler aus. Der Nordrand der Saharatafel fiel auf solche Weise auf rund 4° s. Br., d. h. wir hätten in diesem Falle überhaupt keinen Raum für die Tethys mehr.

Unsere Rechnungen stimmen also in gar keinem Falle, wir mögen die bekannten Tatsachen drehen und wenden wie wir wollen, es bleibt immer eine Diskrepanz.

Daneben zeigt auch etwa die Ansicht, daß der europäische Gesamtblock bei und nach der herzynischen Orogenese unter einem Nachdrängen Afrikas in ähnlicher Weise wie bei der Alpidentürmung als ein Ganzes weit gegen Norden gestoßen worden sei, keine Lösung aus diesem Dilemma. Denn der Abstand zwischen der europäischen resp. herzynischen Südfront und der afrikanischen Nordfront wäre bei einem solchen Vorgange wohl ganz derselbe geblieben, und nur die geographische Breite der Objekte hätte sich dabei verändert. Wahrscheinlich wäre sogar der Abstand zwischen dem südlichen Herzynikum Europas und der afrikanischen Nordfront weit eher kleiner geworden. Wie immer wir also auch wieder

rechnen, wir kommen stets und unfehlbar auf dasselbe **Dilemma**: entweder wir haben zu wenig Platz für die sich bildende **alpine Tethys**, oder wir müssen für das Perm ganz gewaltige Wanderungen der Kontinentalblöcke annehmen. Wollen wir Raum für die alpine Tethys, beispielsweise nur für das Sedimentationsbecken zwischen Sierra Morena und der Sahara, so müssen wir die afrikanische Nordfront am Anfang des Perms, nach Abschluß der herzynischen Faltungen, je nach der ersten oder der zweiten oder der dritten Rechnungsart um $5-21^{\circ}$, d. h. um 550—2300 km weiter im Süden ansetzen und daraufhin während des Perms die beiden Blöcke, Afrika und Europa gemeinsam um $5-21^{\circ}$ wieder nach Norden bis in die paläogeographisch streng postulierten Ausgangstadien der alpinen Orogenese vorwandern lassen, damit sich überhaupt die klimatischen Bedingungen, die uns durch die Sedimente jener Zeit überliefert worden sind, erfüllen können¹⁾. Oder aber wir müssen endlich annehmen, daß sich während

¹⁾ **Das Dilemma des Tethysraumes.**

A. Bei Bestimmung der afrikanischen Nordfront im Meridian von Basel:

1. bei herzynischem und alpinem Zusammenschub auf $\frac{1}{2}$,

2. " " " " " " $\frac{2}{3}$,

B. Bei Bestimmung der afrikanischen Nordfront im spanischen Meridian:

3. bei herzynischem und alpinem Zusammenschub auf $\frac{1}{2}$,

4. " " " " " " $\frac{2}{3}$.

	A		B	
	1	2	3	4
Jetzige Breite des alpinen Orogens im westlichen Mittelmeer		6—7°		
Abgewinkelte Breite desselben	13°			10°
Spätherzynischer Südrand Europas (Sierra Morena) ²⁾			5° s. Br.	7°30' s.Br.
Permischer Nordrand der Saharatafel	10° s. Br.	0°	6° s. Br.	4° s. Br.
Dadurch möglicher Raum für die Tethys	+ 5°	— 7°30'	+ 1°	— 3°30'
Durch Abwicklung gefundene Breite derselben Manko	13°			10°
	5—8°	17°30'—20°30'	12°	13°30'
Betrag der nötigen Zurückschiebung der afrikan. Nordfront zur Installierung einer Tethys bis auf	15—18°	+ 21°	18°	17°30'
	s. Br.	s. Br.	s. Br.	s. Br.
Ausgangsstadien der alpinen Faltung		17—18° n. Br.		
Lage von Basel			7° n. Br.	6° n. Br.
Lage von Sierra Morena			6° s. Br.	4° s. Br.
Front Afrikas	10° s. Br.	0°		
Gemeinsame Bewegung Afrikas und Europas im Laufe des Perms	5—8°	21°	12°	13°30'

²⁾ Bei gleichmäßiger primärer Verteilung des europäischen Kohlengürtels beiderseits des Äquators.

des Perms, bald nach Abschluß der herzynischen Hauptorogenese, die beiden Blöcke, Europa im Norden, Afrika im Süden, infolge irgend einer Ursache voneinander losgelöst hätten, und jeder für sich gewissermaßen wieder gegen die Pole zurückgetrieben worden sei.

Diskutieren wir diese Fragen einmal näher.

Daß die Lage von Basel zu Beginn der Trias nicht mehr auf 2 oder 4 oder 6° n. Br. angenommen werden kann, sondern ganz bestimmt weiter im Norden gesucht werden muß, wurde bereits gesagt. Ein Nordtreiben Europas nach dem Abschluß der herzynischen Bewegungen wird daher kaum zu umgehen sein. Aber dieses Nordtreiben Europas allein ermöglicht noch keineswegs die Öffnung der alpinen Tethys, d. h. eines Gebildes von doch immerhin stellenweise 20, eher sogar 25° Breite. Dürfen wir doch dem europäischen Block kaum allein im Laufe des Perms auch nur ein Nordtreiben von rund 8° oder etwa 900 km zuschreiben, das nötig wäre, um bei einem Fixstehen der afrikanischen Nordfront auf 10° s. Br. im Meridian von Basel etwa einen Tethysraum von 20° zu öffnen. Die „Lage Basels“ müßte dabei eben von 2° n. Br. — (s. S. 197) — auf 10° n. Br. hinaufwandern. Für einen Tethysraum von 25° Breite wäre schon eine Wanderung von 13°, d. h. von über 1400 km notwendig. Und die europäische Südfront der Sierra Morena z. B. müßte bei einem Fixstehen der afrikanischen Nordfront auf 6 resp. 4° s. Br. von 5 resp. 8° s. Br. am Schlusse des Karbons auf 7 resp. 6°, oder 4 resp. 9° n. Br. hinaufrücken, d. h. der europäische Kontinentalblock müßte sich dabei um 9—17°, also um Beträge von 1000—1900 Kilometer nach Norden bewegt haben, um auch nur die bescheidenen Räume der westlichen Tethys zu öffnen. Das sind aber Beträge von der Größenordnung der Strecke Rom-Oslo oder Cordoba-Edinburg¹⁾.

Ein Nordtreiben Europas um diese Beträge aber ist ganz ausgeschlossen. Erstens ohne das „Nacheilen“ des afrikanischen Blockes, wodurch die Öffnung einer Tethys überhaupt illusorisch gemacht würde,

¹⁾ Stand der Sierra Morena 5° s. Br. — 8° s. Br.

Stand der afrikanischen Nordfront 6° s. Br. — 4° s. Br.

Nötiger Raum für westliche Tethys 10—13° 10—13°

Dadurch nötig werdende Verschiebung der

Sierra Morena auf 4—7° n. Br. 6—9° n. Br.

Totale Verschiebung der Sierra Morena von	I. 5° s. Br.	5° s. Br.	5° s. Br.	5° s. Br.
auf	4° n. Br.	7° n. Br.	6° n. Br.	9° n. Br.

d. h. den Betrag von	9°	12°	11°	14°
--------------------------------	----	-----	-----	-----

Totale Verschiebung der Sierra Morena von	II. 8° s. Br.	8° s. Br.	8° s. Br.	8° s. Br.
auf	4° n. Br.	7° n. Br.	6° n. Br.	9° n. Br.

d. h. den Betrag von	12°	15°	14°	17°
--------------------------------	-----	-----	-----	-----

das heißt um 9—17°.

und zweitens weil durch ein solches Nordtreiben Europas schwere Komplikationen im europäischen Baue sich geltend machen müßten, wenn wir uns nur dabei vor Augen halten, daß der ganze so mächtige herzynische Zusammenschub nur 14 Breitengrade im Maximum betragen hat. Wir müßten also wohl im Perm sehr große Bewegungen in Europa finden. Solche sind aber bis auf schwache Nachphasen der herzynischen Orogenese gar nicht vorhanden. Und lassen wir andererseits des Fixstehen Afrikas fallen, so müssen wir die afrikanische Front am Schlusse der herzynischen Orogenese von 6° resp. 4° s. Br. auf ca. $18-21^{\circ}$ s. Br. verschieben, d. h. um $12-17^{\circ}$. Dabei ist es aber ganz undenkbar, daß die afrikanische Nordfront in dem kurzen Zeitraum zwischen unterem und oberem Perm um 1300—1800 km. nach Norden gewandert wäre, um zu Beginn der Trias gerade an ihrer „richtigen“ Stelle gegenüber Europa, d. h. für den spanischen Sektor auf 6 resp. 4° s. Br. zu sein. Da übrigens die Lage von Basel de facto im Zeitraum Oberkarbon-Oberperm nur von 6° n. Br. auf 15° n. Br. gedriftet zu sein scheint (vergl. S. 195), also im ganzen um 9° , die afrikanische Nordfront hingegen in derselben Zeit von $18-21^{\circ}$ s. Br. auf $6-4^{\circ}$ s. Br., also um $12-17^{\circ}$ vorrücken mußte, so wäre die entstehende Tethys schon damals vor dem rascher nach Norden rückenden Afrika sehr beträchtlich zusammengeschoben worden, was nach den bestehenden Daten abermals recht unwahrscheinlich ist.

Damit gelangen wir zur Diskussion der Frage, ob nicht vielleicht nach der herzynischen Orogenese die beiden Kontinentalblöcke quasi gegen die Pole zurückgesunken seien; gewissermaßen „ermüdet vom gewaltigen Kampfe“, der zu der Tümmung der herzynischen Ketten Europas geführt hat.

Nehmen wir einmal an, die „Lage Basels“ im Oberperm sei nicht 15° n. Br., sondern nur $12\frac{1}{2}^{\circ}$, dafür aber liege auch die „Nordfront Afrikas“ nicht auf 10° , sondern gleichfalls auf $12\frac{1}{2}^{\circ}$ s. Br. Dann ergäbe sich eine Nordwanderung Basels, resp. Europas im Laufe des Perm von 6° n. Br. im unteren — auf $12\frac{1}{2}^{\circ}$ n. Br. im oberen Perm, d. h. eine Wanderung Europas von $6\frac{1}{2}^{\circ}$. Dieser Nordwanderung Europas stände eine ähnliche Wanderung Afrikas gegen Süden gegenüber, wenn wir die afrikanische Front, wozu wir allen Grund haben, bei der herzynischen Orogenese als bis gegen den Südrand der europäischen Herzyniden, d. h. ca. 5° s. Br. vorgetragen betrachten. Zu ganz ähnlichen Zahlen gelangen wir auch bei der Betrachtung der sicheren Daten des „spanischen Sektors“. Dort schwankt das jeweilige Manko für die Bildung der Tethys zwischen 12 und 14° (vergl. S. 199). Wenn wir nun für die Tethys Platz schaffen, indem wir sowohl Europa nach Norden als Afrika gegen Süden wandern lassen, so kommen wir abermals, wie im Meridian von Basel zu Kontinentalwanderungen

von je $6-7^{\circ}$. Das ergäbe dann ein Wandern beider Kontinente von rund 700—800 km nach jeder Seite hin.

Beträchtlich wäre allerdings eine solche „Abdrift“ der Kontinente vom Äquator gegen die Pole hin zwar immer noch, aber doch nicht mehr geradezu phantastisch. Dafür aber wäre das Dilemma der Entstehung der Tethys gelöst, und dieselbe fände auf natürliche Weise den nötigen Raum zu ihrer Entwicklung. Nur stellt sich nun die Frage nach der Art und der Entstehung solcher in scharfen Gegensatz zur Polflucht tretenden, die aufeinandergestoßenen Kontinente vom Äquator wieder abtreibenden Kräfte. Mit anderen Worten, wie ist ein solches Auseinandertreten der eben zusammengeschobenen Kontinentalblöcke und damit die Entstehung einer dazwischen sich einschaltenden jungen Geosynklinale von der Art der alpinen Tethys überhaupt zu verstehen?

3. Das Auseinandertreten der Kontinente und die Entstehung der Geosynklinalen

Aus den im vergangenen Abschnitt eben dargelegten Gründen müssen wir heute ein Auseinandertreten der beiden großen Grundkontinente der Erde im Gefolge der herzynischen Orogenese, eine „Abdrift“ derselben gegen die Pole im Anschluß an den herzynischen Zusammenschub geradezu als feststehende Tatsache hinnehmen, über die heute gar nicht mehr hinwegzukommen ist. Wir werden dadurch vor die Aufgabe gestellt, dieses bestehende Faktum im Bewegungsmechanismus der Erde, dieses Auseinandertreiben der großen irdischen Kontinental-schollen auch zu erklären. Und da erkennen wir etwa folgendes:

Sowohl ARGAND wie ich haben auseinandergesetzt, daß der europäische Block bei der alpinen Faltung auch als Ganzes weit nach Norden gewandert ist, nach meiner Auffassung unter dem Drucke der von Süden heranrückenden afrikanischen Masse. ARGAND hat dazu die Idee geäußert, daß Europa auch nach der alpinen Faltung noch weiter nach Norden abgewandert sei, und daß dadurch im alpinen Hinterland mächtige Dehnungen entstanden wären, die als der Anfang des daneben auch von KOSSMAT und mir angenommenen Aufreißens und Einsinkens des Mittelmeeres gedeutet werden könnten. KOSSMAT hat schon 1921 für diese wichtige Erscheinung eine Erklärung gegeben, die dahin geht, daß **magmatische Strömungen** für dieses Einsinken des Mittelmeeres hinter den alpinen Gebirgen verantwortlich gemacht werden müßten. Verfolgen wir diese Gedankengänge von KOSSMAT, die in ihrem fundamentalen Grundprinzip schon von ALBERT HEIM in seiner bemerkenswerten Schrift über „Das Gewicht der Berge“ in großer Schärfe vertreten sind, nun einmal näher.

Durch die Massenansammlung leichten irdischen Krustenmaterials, welche die **Gebirge** der Erde infolge des mächtigen in ihnen verwirklichten Zusammenschubes der oberflächlichen Rindenteile darstellen, bildet sich in und unter denselben ein dicker Wulst leichterer Gesteine, der mit zunehmender Mächtigkeit im Verlaufe der Gebirgsbildung immer mehr in die latent plastische magmatische Zone der Tiefen einsinkt und dieselbe immer mehr verdrängt. Das normal unter den leichten Krusten-

teilen folgende schwerere Material der magmatischen Tiefen wird durch diesen mechanisch, tektonisch zugeführten mächtigen Rindenüberschuß unter dem Gebirge verdrängt, es strömt nach den Seiten hin ab. Der Effekt dieser Ansammlung leichterer Rindenteile im Gebirge ist somit



Fig. 36. Die Verdrängung der subkrustalen Massen unter einem einfach gebauten Gebirge von Vorlandtypus.

Schwarz = Magmazone. Schraffiert = Kristalliner Unterbau.
Dartüber die gefalteten Sedimente des Gebirges.

der Abstrom der normalen schwereren Tiefenmassen aus dem Untergrund des Gebirges in seine Nebenzonen. Das Gebirge zeigt daher gegenüber seiner Nachbarschaft weit geringere „Schwere,“ und der Erfolg der Gebirgstürmung ist damit der sog. „Schweredefekt“ oder das „Massendefizit“ der Gebirge. **Das schwere** in der Hauptsache **magmatische Tiefenmaterial der Erdrinde**, das unter den Gebirgen durch deren Zusammenstauung verdrängt wird, **strömt nach den beiden Seiten, in der Richtung auf die Vor- und Rückländer der Ketten ab** (s. Fig. 36, 37).

Das sind die Tatsachen, die sich aus dem Studium der Schwereverteilung in einer heute schon großen Zahl von Gebirgen und Festländern ergeben. Betrachten wir nun aber einmal die gleichen Phänomene in größerem Maßstabe, wie ihn uns beispielsweise die Gesamtstürmung der alpinen Gebirge der Erde mit den mächtigen **Wanderungen der Kontinente** vor Augen führt.

Da haben wir zunächst eine breite Geosynklinale. Mit relativ geringer Rindendicke. Daneben ein Vor- und ein Rückland in Form mächtiger durch alte Faltungen gewaltig verdickter Kontinentalblöcke. In der Geosynklinale ist die feste Rinde so schwach, daß schwach differenziertes basisches Magma an günstigen Orten zu beliebigen Zeiten ungehindert, schon während der schwachen „embryonalen Phasen“ der Orogenese, in die sich eben bildenden Sedimente der Geosynklinale eindringen kann. Das sind die Intrusionen der Ophiolithe. Die mächtigen Blöcke der Kontinente hingegen vermögen magmatische

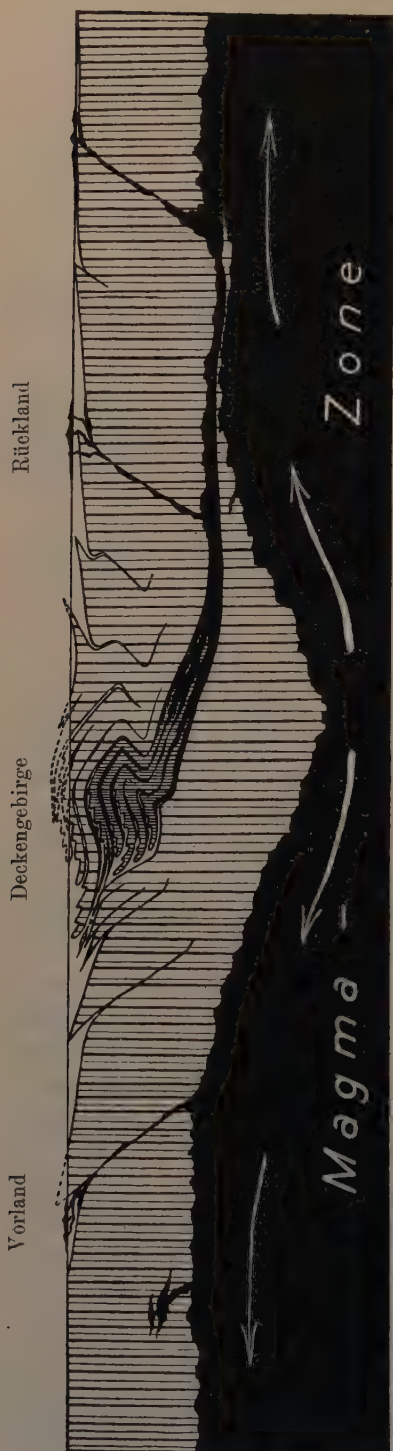


Fig. 37. Die Verdrängung der subkrustalen Massen unter einem Deckengebirge von alpinem Typus. (Nach R. STAUB, 1927.)

Weite Schraffur = Vor- und Rücklandsockel
Enge " = Geosynklinaler Unterbau

Weiß = Sedimente des betr. orogenen Zyklus

Schwarz = Magmazone, Ophiolite und basaltoiden Vulkanbauten der Vor- und Rückländer.
Die Pfeile deuten den Abstrom der subkrustalen Massen an.

Durchbrüche in der Regel erst zu durchdringen in den Zeiten der großen gebirgetürmenden „Paroxysmen“, wo der ganze Kontinentalblock der Vor- und Rückländer der entstehenden Gebirge in erster Linie auf stärkere Widerstände stößt und dabei in vielen Fällen direkt zerspalten wird.

Daneben besteht zwischen Geosynklinalen und kontinentalen Sockeln noch ein weiterer fundamentaler Unterschied, der mit aller Deutlichkeit auf eine weit geringere Mächtigkeit der festen Kruste in den Geosynklinalen hinweist. In den Geosynklinalen allein ist diese feste Kruste vielerorts so wenig mächtig, daß eine fast allgemeine Durchtränkung der geosynklinalen Sedimente mit magmatischen Gasen möglich wurde, und deshalb treffen wir in den Geosynklinalen allein jene durchgreifende regionale Metamorphose der geosynklinalen Serien, die uns beispielsweise so klar in den Schisteslustrésgebieten der Alpen oder dem metamorphen Silur Skandiaviensentgegentritt. Termier hat schon vor vielen Jahren in klarer Erkenntnis dieser Zusammenhänge die so merkwürdige Metamorphose der alpinen Geosynklinale, die regionale Umprägung der

Schisteslustrés, auf die der magmatischen Zone des geosynklinalen Untergrundes entsteigenden „Agents minéralisateurs“ zurückgeführt, die längs der „Colonnes filtrantes“ die geosynklinalen Serien durchtränken und auf solche Weise, durch eine Steigerung der Temperaturen und des Lösungsumsatzes, die Umwandlung der geosynklinalen Sedimente zu hochmetamorphen Serien vollziehen. Daß neben dieser geosynklinalen Metamorphose im Laufe der orogenetischen Paroxysmen weitere, zum Teil sehr schwerwiegende Umwandlungen die ursprünglichen Sedimente verändern, ist ohne weiteres klar. In den Alpen beispielsweise ist die Differenzierung der Schisteslustrés in die hochmetamorphen Gesteinsgesellschaften des Tessins und des Simplons und die „normalen“ Schisteslustrés der Westalpen, Bündens oder der Tauern das Werk dieser späteren, den großen Paroxysmen sofort folgenden Metamorphosen. Die Hauptmetamorphose dieser geosynklinalen Serien aber ist die der eigentlichen Geosynklinale selber, hervorgerufen durch die Durchtränkung mit magmatischen Gasen aus dem Untergrund derselben. Diese Durchgasung einer geosynklinalen Sedimentserie besteht auf jeden Fall, ohne eine solche kommen wir gar nicht aus, und diese Durchgasung geht deutlich parallel mit den schließlich zum Durchbruch gelangenden Ophiolithintrusionen und -effusionen der Geosynklinalen. Sie fehlt genau wie diese den dicken Gesteinssockeln der großen Kontinentalschollen. Die regionalen Metamorphosen, die durch die „agents minéralisateurs“ der Tiefen ausgelöst werden, sind in derselben Weise wie die großen Ophiolithintrusionen auf die echten Geosynklinalen beschränkt, sie fehlen den kontinentalen Sockeln und Schelfen. Die metamorphen Sedimente der echten Geosynklinalen stehen so den nicht metamorphen Serien der Schelfe scharf gegenüber und sie bezeugen so einmal mehr die primäre Schwäche des geosynklinalen Untergrundes und dessen rasche Unterlagerung durch die magmatischen Zonen.

Nach diesen Überlegungen ergibt sich nun weiter etwa folgendes:

Gegenüber den Kontinenten, wo große Mächtigkeiten leichten salischen Krustenmaterials durch eine Reihe älterer Gebirgsbildungen immer mehr zusammengehäuft worden sind, müssen also die relativ rasch von schwereren magmatischen Zonen unterlagerten Geosynklinalen ganz bedeutende Schwereüberschüsse zeigen. Diese Überschüsse sind relativ um so größer, je beträchtlicher die Größe und vor allem auch die Dicke der benachbarten Kontinentalschollen ist. Als Mittel der Mächtigkeit derselben wird auf Grund von Schweremessungen und seismischen Beobachtungen meist die Zahl von etwa 120 Kilometern angegeben. Es ist aber klar, daß dies nur ein Durchschnittswert ist, und daß die Kontinente an ihren Rändern bedeutend dünner, in ihren Zentren aber bedeutend dicker sind. Die großen kontinentalen Zentren Asiens oder Afrikas mögen so bis gegen 300 Kilometer

Dicke anschwellen. Das ist eine Zahl, die vergleichsweise den Faltungstiefgang der Alpen um das Fünffache übertrifft. GUTENBERG nimmt zwar neuerdings in seinem ausgezeichneten Lehrbuch der Geophysik eine weit geringere Durchschnittsdicke der kontinentalen Schollen an, dieselbe beträgt nach seinen Berechnungen im Mittel nur rund 60 Kilometer. Die Zentren der großen Blöcke mögen dabei allerdings gleichfalls bis zu Mächtigkeiten von 120 Kilometern anschwellen. Die mutmaßliche Dicke eines echten Geosynklinealbodens aber dürfen wir, gerade wegen des massenhaften Auftretens der Ophiolithintrusionen, kaum höher als etwa 15—20 Kilometer einschätzen, in manchen Fällen ist dieselbe ganz gewiß noch weit geringer. Die Mächtigkeit der leichten salischen Kruste wird daher auf jeden Fall in den echten Geosynklinalen der großen irdischen Gebirgssysteme um ein Vielfaches geringer sein als in den großen kontinentalen Blöcken, und aus diesem Grunde wird daher eine geosynklinale Zone stets auch eine weit höhere Schwere aufweisen als ein kontinentaler Block. Jede Geosynklinale zeigt somit gegenüber den sie einschließenden alten Kontinentalblöcken stets einen ganz gewaltigen **Schwereüberschuß** (vergl. Fig. 38).

Die Kräfte der Polflucht setzen nun die beidseitigen Kontinentalmassen gegen die zentrale, infolge ihrer nur dünnen Kruste in hohem Maße plastische Geosynklinale in Bewegung. Oft auch nur den einen Block, während der andere infolge einer für die konsequente und genügend starke Entwicklung zentrifugaler Polfluchtkräfte eher ungeeigneten Lage passiv bleibt und sogar beiseite gestoßen werden kann. Die zufolge ihrer zentrifugalen Komponente latent zwar immer vorhandene Polflucht auch eines „passiv“ erscheinenden Blockes äußert sich dann nur in einem vermehrten Widerstand desselben gegen den andringenden „aktiven“ Block. Durch die Annäherung der beiden starren Kontinentalblöcke wird nun die Geosynklinale zusammengedrängt, deren leichteres Rindenmaterial zu einem immer dicker werdenden Wulst zusammengestoßen, bis schließlich die Kontinente in den großen Paroxysmen der orogenetischen Hauptphasen aufeinanderprallen und zwischen sich nun das eigentliche Gebirge oder das ganze Gebirgssystem, das Orogen, zusammenschieben. Die schweren Massen des normalen geosynklinalen Untergrundes werden dabei durch die leichten Rindentile einmal des werdenden Gebirgswulstes, dann aber noch viel mehr scheint mir durch die heranrückenden leichteren Massen der beidseitigen dicken Kontinentalblöcke immer mehr **ersetzt** und durch dieselben in immer größere Tiefen hinabgedrängt. Es entsteht auf diese Weise unter dem Gebirge eine breite Zone hochgradig, gewissermaßen abnorm komprimierter Massen. Es ist nun aber ausgeschlossen, daß diese schweren Massen der einstigen Geosynklinale bei

ihrem primär schon ohnehin hochverdichteten Charakter sich dermaßen weiter komprimieren lassen, daß sie an Ort und Stelle unter den an ihren Platz gerückten leichteren Rindenteilen Raum finden könnten. Diese schwereren Massen bleiben daher nicht in der abnorm komprimierten Zone unter dem entstandenen Orogen, sondern sie werden ganz automatisch nach den Gesetzen des in diesen Tiefen herrschenden hydrostatischen Druckes in plastischer Bewegung von dieser hochkomprimierten Zone **nach beiden Seiten hin abströmen**. Der ganze Vorgang ist genau derselbe, wie ALBERT HEIM und KOSSMAT ihn von den einzelnen Gebirgen geschildert haben, nur ist der Maßstab ein viel gewaltigerer.

Wohin strömt nun aber das verdrängte Material ab? Die Untersuchung der Gebirge der Erde, von den kaledonischen Ketten durch die herzynischen bis zu den alpinen, hat immer wieder gelehrt, daß bei jeder Gebirgsbildung das passive Vorland weitgehend von den eigentlichen jungen Ketten überfahren wird, und daß diese selber vom aktiven Rückland ihrerseits entweder über- oder unterfahren werden. Auf jeden Fall besteht bei jedem großen Gebirgssystem, und nur um solche handelt es sich ja hier, eine ganz innige Bindung zwischen Vorland, eigentlichem Gebirge und Rückland, und die beiden Kontinentalblöcke der Vor- und Rückländer sind überall durch das Gebirge direkt miteinander **verschweißt**. Es ist also ausgeschlossen, daß komprimiertes Tiefenmaterial in größeren Massen etwa durch eine „Fuge“ zwischen den Kontinenten quasi ausströmen kann. In kleinem Maßstabe geschieht dies natürlich im Gebirge selber, besonders auch weil durch die Niederpressung der Magmazone unter der „salischen Massenanhäufung des Gebirges“ die Reaktionsfähigkeit der komprimierten Magmen, fast möchte man sagen deren „Nervosität“, deren allgemeine Aktivität, und im einzelnen auch deren Intrusionsdruck in höchstem Maße gesteigert wird. Aber ein wirkliches neues Gleichgewicht der Massen kommt angesichts der riesenhaften Materialverdrängung — es werden ja bei einer solchen Orogenese Räume von 2000 und 3000 km Breite über ungeheure Strecken auf die Hälfte und noch weniger zusammengestoßen — auf solche Art, durch eine auch noch so starke Intrusion magmatischer Massen in das eigentliche Orogen, **nicht** zustande.

Daneben wissen wir von einer ganzen Reihe von Fällen, daß gerade durch die Gebirgsbildung selber der Zugang magmatischer Massen in das eigentliche Orogen weit eher abgeschnürt, in den meisten Fällen sogar völlig abgedrosselt wird. Es sei nur an das Ausklingen der ophiolithischen Intrusionen in der alpinen Geosynklinale im beginnenden Tertiär, vor den großen Paroxysmen erinnert, oder an das Fehlen eines ausgesprochenen Vulkankranzes in den großen Ketten-scharungen der Alpen. Von rezenten Vulkangebieten hat BROUWER

aus den Molukken erstmals ein wundervolles Beispiel des Auslöschens der vulkanischen Tätigkeit durch engere Scharung der Ketten geschildert. Die jungen Vulkane erlöschen zuerst dort, wo der Zusammenschub, die Scharung der Ketten vor dem australischen Block, zwischen Timor und Wetter am größten ist. Ähnliches scheint in Italien sich herauszuschälen, wo die römische Vulkanprovinz an der alpin-dinarischen Scharung der Toskana längst ausgelöscht ist, während die Gebiete des Vesuvs und des Ätna, wo die jungen Ketten weit auseinander gerückt sind und der Zusammenschub etwas schwächer ist, noch immer aktive Tätigkeit zeigen. Diese überaus klare Erscheinung einer „Auslöschung“ der vulkanischen Tätigkeit durch fortschreitende Gebirgsbildung, auf die meines Wissens zuerst BROUWER mit dem schönsten Beispiel der Welt aufmerksam gemacht hat, zeigt zur Genüge, daß größere magmatische Massen niemals durch das Orogen selber an die Oberfläche ausströmen können, und ein Ausgleich der Massen kommt also im Orogen selber niemals zustande.

Das durch eine Orogenese verdrängte Material der geosynklinalen Tiefen muß also anderswo abfließen. Dabei ist nun prinzipiell zwar möglich, daß dasselbe auch im Streichen der Gebirgszonen abströmt, also nach den seitlichen Enden einer orogenen Zone hin, aber praktisch kommt dies angesichts der Geschlossenheit der agierenden Kontinente sowohl wie der orogenetischen Zonen, und gegenüber dem enormen seitlichen Widerstande des alten längst tiefgehend erstarrten pazifischen Panzers kaum in Frage. So bleibt dem durch die Masse der Kontinente und die Rindenhäufung der jungen Gebirge verdrängten magmatischen Untergrund der einstigen Geosynklinale nur mehr ein einziger Ausweg übrig, nämlich der nach der Rückseite der in Wanderung begriffenen Kontinentalblöcke. Indem dieselben von den Polen gegen den Äquator rücken, wobei sie zwischen sich die Gebirge türmen, wird hinter ihnen das Magma der Tiefe von einem gewaltigen Drucke befreit, es findet gewissermaßen Platz zu freierer Entwicklung, die bisher hochkomprimierten Massen dehnen sich aus und ein Teil derselben mag auch in höhere Rindenteile oder gar an die Oberfläche hinaufsteigen, und dort zur Intrusion, Extrusion und endgültigen Erstarrung gelangen. Gegen diese Zone geringeren Druckes nun drängen die aufs höchste komprimierten subkrustalen Massen im Untergrunde des werdenden Orogens im Streben nach hydrostatischem Ausgleich ganz automatisch hin, und es entsteht auf diese Weise ein kontinuierlicher, wenn auch unendlich langsamer Strom subkrustaler Massen vom Orogen nach den Polen. Die große Bedeutung der Polflucht der Kontinente liegt somit auch darin, daß in deren Rücken, gegen die Pole hin, immer mehr ein Gebiet ausgesprochener Druckentlastung geschaffen wird, gegen das nun die besonders bei den großen Paroxysmen der Oro-

genesen in die Tiefe verdrängten schweren Massen der einstigen Geosynklinale immer kräftiger hinströmen. Es bildet sich so gegen den Schluß einer Orogenese, die im Zusammenstoß zweier Kontinentalblöcke in äquatorialen Zonen gipfelt, ganz unfehlbar eine starke **Gegenströmung tieferer magmatischer Massen** von der Hauptverdrängungsstelle derselben, dem entstandenen Gebirgssystem, zu den von den Kontinenten vor kurzem eben verlassenen Gebieten der Druckentlastung, d. h. gegen die **Pole** hin.

Damit setzt also am Schluß einer Orogenese automatisch eine Gegenbewegung der tieferen subkrustalen Massen ein, welche die durch die orogenetischen Vorgänge, und die Paroxysmen im besonderen, verdrängten schweren Magmen der einstigen Geosynklinale gegen die Pole strömen läßt. Diese Strömung aber führt, nun die Polfluchtkraft ihr Ziel, die Vereinigung zweier Kontinente durch ein mehr oder weniger äquatoriales Gebirgssystem, erreicht hat und praktisch gleich Null ist, infolge der vorhandenen Reibung an der Unterfläche der festen Schollen zu einem **Zug** in den Kontinenten, welcher dieselben **gegen den Pol** gewissermaßen zurückzuziehen trachtet, und sie an schwachen Stellen mächtig dehnt und schließlich in gewissen Zonen sogar zerreißt.

Jede Stelle einer Dehnung aber wirkt umgekehrt gleichfalls als Druckentlastung im Gesamtsystem, und magmatische Strömungen tendieren sofort auch dorthin, dringen gegen die Oberfläche vor, und erhöhen von neuem, mit ihrer Wärme und ihrer Durchgasung, die Plastizität der aus mechanischen Gründen einmal gedehnten Scholle. Oder es entsteht gerade infolge des „Abströmens“ der schweren Massen vom Gebirge gegen die Pole hin bald ein neues Defizit an Masse, die Rinde über demselben sinkt ein, taucht dabei in größere Tiefen, erhöht dadurch, sei es infolge einfacher Temperaturerhöhung oder infolge teilweiser Auflösung und starker Durchgasung ihre Plastizität und läßt sich dadurch abermals leichter durch die gegen die Pole abtreibenden Kontinente dehnen. Das Spiel geht auf jeden Fall in buntem Wechsel vor sich. Und zwar so lange, bis die Kräfte der Polflucht schließlich wieder die Oberhand über diese Strömungen gewinnen, die zu einer dünnen, plastisch reagierenden Haut ausgezogene Dehnungszone als einen neuen Streifen der Schwäche, als eine neue Geosynklinale abermals zusammenschieben und der alte Kampf der Kontinentalblöcke von neuem beginnt. Bis zu diesem Moment aber strahlen die Kontinente nach jeder Orogenese auseinander, und bildet sich durch Dehnung an irgend einer, meist an mehreren schwachen Stellen, eine neue Geosynklinale (vergl. Fig. 38, S. 210).

Die **Entstehung der Geosynklinalen durch Dehnung der Rinde** hat ARGAND erkannt. KOSSMAT erklärte ihre Bildung durch

Senkung infolge „Schwereüberschuß“, der durch die den „Rindenüberschüssen“ der Gebirge entströmenden magmatischen Massen entstanden ist. Bei ARGAND ist das „Abwandern einer Scholle“ das primäre Moment, bei KOSSMAT das „Zuströmen“ schwererer Massen. Ich meinerseits glaube annehmen zu sollen, daß das „Abströmen“ der durch eine Orogenese aus dem Untergrund der alten Geosynklinale verdrängten

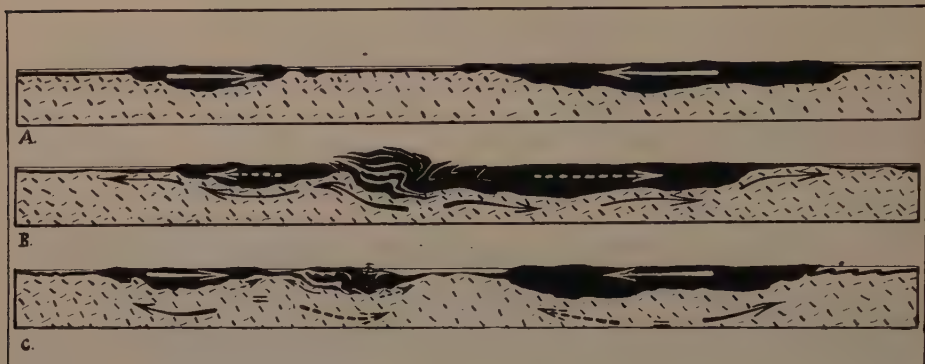


Fig. 38. Der Verlauf eines orogenen Zyklus. (Nach R. STAUB, 1927.)

- A. Zusammenschub der Geosynklinale durch polflüchtige Kontinente.
- B. Zusammenprall der Kontinente, Auspressung der Geosynklinale, orogener Paroxysmus.
- C. Abdrift der Kontinente gegen die Pole im Gefolge der orogen ausgelösten subkrustalen Gleichgewichtsstörungen und Bildung einer neuen Geosynklinale. Postorogene Dehnungen.

Schwarz = Kristalliner Steinmantel. Weiß = Sedimente. Hachiert = Magmazone.

Weiß Pfeile (ganz) = Polflucht (Zentrifugalkomponente)

„ „ (gestrichelt) = Poldrift

Schwarze Pfeile (ganz) = Polstrom

„ „ (gestrichelt) = Geosynkinalstrom.

Bei Fig. C halten sich Polstrom und Geosynkinalstrom die Waage, die Dehnungen sind abgeschlossen, der Zusammenschub beginnt von neuem mit dem Einsatz der zentrifugalen Polfluchtkräfte (weißer Pfeil). Man beachte die Schaffung eines Zwischengebirges auf Fig. C (vergl. S. 211).

subkrustalen Massen gegen die entlasteten polwärtigen Ränder der gegeneinandergestoßenen Kontinente die primäre Ursache, das Einsinken, Sichdehnen und „Abwandern“ der Kontinentalschollen gegen den Pol hin aber die rein sekundäre Folge der primären, durch die Gebirgsbildung selber noch entfesselten **Strömungen** sei. Halten wir uns vor Augen, daß in jedem Gebirgssystem schwache, leicht deformierbare Stellen und Zonen vorkommen, die nachträglich einsinken und sich dehnen können, — man denke nur an die bei irgend einer Orogenese infolge ihrer relativen durch irgend einen Vorgang früher erworbenen Steifheit in dem betreffenden Bewegungszyklus ungefaltete gebliebenen, daher in der Folge nun eher schwächeren und auch in bezug auf die Massen der Tiefe gewissermaßen „neutral“ erscheinenden Zwischenge-

birge, so wird die Entstehung von mächtigen Geosynklinalen auf diese Weise, durch **Abströmen der subkrustalen Massen von den Gebirgszonen zu den entlasteten Polen**, sehr wohl verständlich.

Auch auf die **Entstehung der Zwischengebirge** selber wirft diese Anschauung ein neues Licht. Die Zwischengebirge der orogenetischen Zonen erscheinen heute als starrere, der Faltung in höherem Grade widerstehende blockartige Massive innerhalb der Kettengebirge der Erde, sie waren daher als steifere Massen schon den jeweiligen Geosynklinalen eingestreut. Wenn wir nun die Geosynklinalen als Zonen der Dehnung, entstanden beim Zurücktreiben der kontinentalen Blöcke gegen die Pole, auffassen, so liegt die Vermutung bei der Hand, in diesen Zwischengebirgen gewissermaßen Fragmente der alten Blöcke oder der alten Orogene zu sehen, die aus irgend einem Grunde, vielleicht infolge besonders weitgehender Versteifung durch heftigere Faltung oder durch größere magmatische Intrusionen, der allgemeinen Dehnung der geosynklinalen Zone **widerstanden** haben, und die daher gegenüber den gedehnten Zonen eine größere Dicke und Starrheit beibehielten, die den Grund zu ihrer späteren Resistenz gegenüber jüngeren Faltungen bildete. Die Zwischengebirge wären auf solche Art jeweiligen Fragmente eines älteren Kontinentalbaues, die bei Anlaß der Bildung der nächsten Geosynklinale von der allgemeinen Dehnung verschont geblieben sind, und gewissermaßen als isolierte Fragmente des unversehrten, ungedehnten älteren Baues inselartig in den gedehnten Schwächezonen der jüngeren Geosynklinalen schwimmen. Gerade ihr isoliertes Auftreten und die Tatsache, daß wir in diesen Zwischengebirgen bald Bruchstücke uralter Blöcke, bald wieder Fragmente älterer orogener Zonen erkennen können, läßt sich mit dieser Deutung als losgerissenen Schollen eines älteren Baues sehr gut vereinen. Beim weiteren Zusammenschub aber wurden nun diese von der geosynklinalen Dehnung verschont gebliebenen Rindenteile dank ihrer dadurch bewahrten höheren Widerstandsfähigkeit zu den starren Horsten und Zwischenmassiven, welche die jungen Ketten nun als die „Zwischengebirge“ umschlingen. Die Entstehung der Geosynklinalen durch Dehnung der Rinde im Gefolge von Strömungen im Untergrund bringt damit eine gute Lösung auch für die Entstehung der Zwischengebirge (vergl. Fig. 38c)¹⁾.

Damit haben wir nun endlich den dritten, resp. vierten Faktor kennen gelernt, der das Bild der Welt und deren wechselvollen Schicksale regiert.

Das primäre Geschehen ist die Schaffung eines einheitlichen starren basischen Blockes im Pazifik, hervorgerufen durch die **Abtrennung des Mondes**.

¹⁾ Auch ARGAND läßt z. B. die Masse des Tarimbeckens durch Abwandern vom sibirischen Scheitel entstehen, ebenso die Sinische Masse.

Das in der Folge wichtigste zweite Geschehen ist regiert durch die **Polflucht der Kontinente**, die gewissermaßen stets im Rahmen des pazifischen Blockes vor sich geht.

Ein modifizierendes Moment bringt die **Westdrift** der Kontinentalblöcke in dies Geschehen hinein, und endlich greift, nach Vollendung einer erdumspannenden Orogenese, das Gesetz der Isostasie mit gewaltigen **Strömungen gegen die Pole** in das gewissermaßen auf einem „toten Punkt“ angelangte Spiel ein und reißt die aneinandergeschweißten Kontinente längs gewissen Schwächezonen wieder auseinander, solange, bis die Kraft der gegen die Pole strebenden Strömungen wiederum schwächer geworden ist und die zentrifugalen Kräfte der Polflucht von neuem zu wirken beginnen können. Der isostatische Ausgleich der Massen in horizontaler Richtung zieht an besonders schwachen Stellen den durch das soeben getürmte Gebirge geschaffenen kontinentalen Gesamtblock zu neuen Geosynklinalen auseinander, solange, bis sich diese Ausgleichsströmungen und die normale Polflucht erneut die Wage halten. So geht das Spiel der die Pole fliehenden und umgekehrt die irdischen Massen wiederum zu den Polen treibenden Kräfte unserer Erde stets weiter, ohne Ende und Ziel.

Damit begreifen wir nun auch den Ausgangspunkt, der uns zu dieser lehrreichen Diskussion geführt hat, nämlich die Anfangslage des alpinen Gesamtsystems zur Permzeit, und die Diskrepanz, die zwischen dem Schluß der herzynischen Orogenese zu Ende des Karbons und dem Beginn des alpinen Mechanismus im oberen Perm besteht.

Nach Vollendung des herzynischen Gebirgssystems streben unter dem Einfluß der durch die Materialverdrängung unter den Gebirgen und Kontinenten entstehenden „**Polströmungen**“ die beiden kontinentalen Blöcke Laurasias und Gondwanas erneut gegen die Pole hin auseinander. Schwache Zwischengebiete im herzynischen Gebirge sinken über dem nach den Polen davonströmenden Magma nach und dehnen sich; die Kontinente treiben infolgedessen mit den Strömungen umso leichter gegen die Pole zurück und dehnen das einmal geschwächte Zwischenstück so stark weiter, bis schließlich eine weite neue Geosynklinale geschaffen ist.

Das ist die **Entstehung der alpinen Geosynklinale** durch die **postherzynische „Poldrift“ der beiden großen Grundkontinente**.

Diese „**Poldrift**“ der Kontinente dauert so lange, bis ein gewisses Gleichgewicht zwischen dem unnatürlichen „Massenüberschuß“ unter dem Kontinent und dem Gebirge, und dem „Massendefizit“ in den polwärts gelegenen Gebieten geschaffen ist. Daneben verlieren diese Polströmungen natürlich mit Annäherung an dieses Gleichgewicht immer mehr an Intensität; dafür nimmt aber mit dem Marsch gegen die Pole die zentrifugale Komponente der Polfluchtkräfte wieder stark zu, und in

einem gewissen Momente tritt ein Stillstand ein: Polflucht und Poldrift halten sich die Wage. Aber unterdessen hat sich bereits, parallel mit der Ausbildung der neuen Geosynklinale, ein Gegenstrom gegen dieselbe gebildet; das unter den dicken kontinentalen Sockeln zusammengedrückte Material der Tiefen weicht nun auch nach der Geosynklinale hin aus, und es besteht zur Zeit, da Poldrift und Polflucht einander die Wage halten, in der Tiefe bereits ein kräftiger Gegenstrom gegen die neue Geosynklinale. Dieser „**Geosynklinalstrom**“ ist es, der zusammen, gewissermaßen vereint mit den zentrifugalen Kräften der Erdrotation, den toten Punkt einer Stagnation, einer „Parität“ zwischen Polflucht und Polstrom überwindet und erstmals die Kontinente von neuem wieder gegen die eben entstandene Geosynklinale hin treibt. Das Spiel vollendet schließlich wieder, enorm unterstützt zwar von der Bewegung des Geosynklinalstroms, die primär vorhandene zentrifugale, der Rotation des Planeten entspringende Polfluchtkraft, bis abermals im Kampfe der Kontinente ein neues Gebirge entstanden ist und die Gegenströmungen der magmatischen Zone mit der „Poldrift“ abermals einsetzen, und eine weitere, wiederum jüngere Geosynklinale schaffen. **Jede Gebirgsbildung trägt so in sich schon ganz unfehlbar den Keim zu einer nächsten Orogenese**, indem sie eine **neue Geosynklinale schafft**, mag diese neue Orogenese auch durch ganze geologische Zeitalter von der älteren geschieden sein.

Im Prinzip ist dieser Vorgang der Schaffung einer frischen Geosynklinale sehr einfach. Komplizierter aber gestaltet sich eine solche in der konkreten Wirklichkeit. Ein einziges Beispiel, und zwar am Besten wiederum das des gutbekannten orogenen Sektors des heutigen Mittelmeeres, sei auf diese Zusammenhänge hin etwas näher geprüft, aber es wird genügen, um einerseits die ungeheure Mannigfaltigkeit der Vorgänge zu beleuchten, die nach Abschluß einer Gebirgstümmung zur Bildung einer neuen Geosynklinale führen, und anderseits die großen Schwierigkeiten zu erkennen, die hier einer exakten Lösung noch auf lange hinaus entgegenstehen.

Betrachten wir zunächst die herzynischen Gebirge Europas. Dieselben beschreiben zwischen Spanien und dem Balkan eine große Doppelschleife. Vor dem Zentrum des ganzen Systems erkennen wir das Brabantermassiv, das die herzynische Front in die beiden Hauptbogen des variskischen und des armorikanischen Abschnittes gliedert. Der armorikanische Bogen geht durch die spanische Schleife um den Keltiberischen Block herum in das abermals grosso modo äquatorialstreichende portugiesische Westsegment der europäischen Herzyniden über, der variskische Bogen schwenkt durch die ungarische Schleife um das magyarische Massiv in das balkanische Ostsegment derselben ein. Vom armorikanischen Bogen löst sich im Westen das Vorlandgebirge

des irischen Astes, vom variskischen irrt im Osten das Vorlandgebirge Polens, Galiziens und der Dobrudscha ab (s. Fig. 39, S. 215).

Wie verlaufen nun die **alpinen Geosynklinalen Europas** in Bezug auf dieses herzynische System? Im Westen erkennen wir, vom Atlantischen Ozean bis in die Ostalpen hinein, eine weitgehende Konformität zwischen herzynischen und alpinen Gebirgen. Der westeuropäische Sektor der alpinen Geosynklinalketten verläuft wie das portugiesische Westsegment der Herzyniden deutlich äquatorial, die Beugung der alpinen Ketten um die sardische Vorlandecke entspricht der kastilischen Beugung der herzynischen Gebirge, der Alpidenabschnitt zwischen Sardinien und Graubünden verläuft im großen Ganzen konform dem armorikanischen Bogen, und rund um die kastilische Beugung zieht sich in einer inneren Kulisse das System des Apennin. Quer zu den spanischen Herzyniden aber streicht der Komplex der Pyrenäen, von der Provence bis hinüber nach Asturien.

Weit komplizierter gestalten sich nun die Verhältnisse im Osten. Die Ostalpen verlaufen in großen Zügen noch konform der variskischen Außenfront zwischen Elbe und Maas, desgleichen erscheinen herzynische und alpine Ketten im Balkangebirge einander konform. Dazwischen aber überkreuzen sich herzynische und alpine Linien vollständig; der variskische Bogen zieht über Wien im Westen der magyarischen Masse vorbei, während die Karpathen dieselbe heute im Osten umsäumen. Die alpinen Linien treten hier quer über den herzynischen Plan hinweg. Einzig die Dinariden scheinen zwischen Laibach und Belgrad ungefähr dem in den Balkan einschwenkenden alten variskischen Bogen in groben Zügen zu folgen, und der Außensaum der Karpathen streicht zwischen Krakau und der Walachei gewissermaßen dem herzynischen Vorlandast der Dobrudscha und Polens entlang.

Suchen wir nun diese alpinen Linien von den herzynischen abzuleiten, so erkennen wir etwa folgendes:

Im ganzen Westen verläuft der Außenrand der alpinen Geosynklinalzone in großen Zügen konform den herzynischen Hauptlinien. Der Innenrand des alpinen Vorlandes Meso-Europas zwischen Sardinien und den Ostalpen erscheint in erster Annäherung konform dem Außenrand der großen böhmischen Rücklandscholle der herzynischen Ketten. Die alpine Geosynklinale ist hier mit Ausnahme des äußersten Westens im böhmisch-korsischen Hinterland der herzynischen Hauptketten aufgerissen, vielleicht längs Brüchen und listrischen Flächen derselben, die möglicherweise die Stellung der periadriatisch-südalpinen Dislokationen im alpinen System einnehmen, oder längs steilen Faltenzonen, wie solche ja in den westalpinen Massiven tatsächlich erkennbar sind. Auf jeden Fall folgt hier der Außenrand der alpinen Hauptgeosynklinale dem Streichen der herzynischen Hauptgebirge.

Dieser Zusammenhang spiegelt sich nur allzu deutlich etwa in den Umrissen des spanischen Vorgebirges Meso-Europas ab. Die Hauptdehnungszonen folgten so den herzynischen Linien.

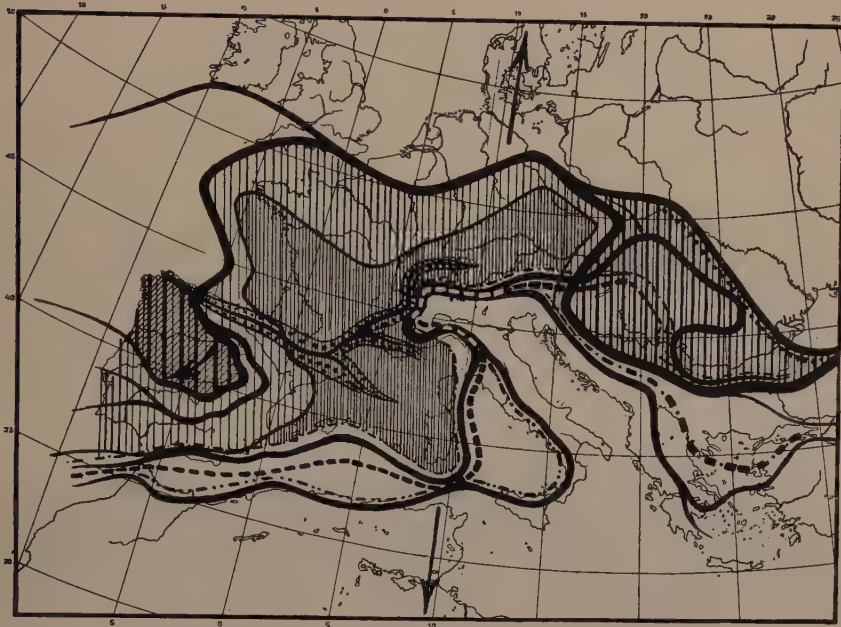


Fig. 39. Die Beziehungen der alpinen Hauptlinien Europas zum herzynischen Bau.
(Nach R. STAUB, 1927.)

- Hercynischer Außenrand (Armorikanischer und variskischer Bogen, Irischer und Polnischer Ast)
- ▨ Alpine Gebirge
- - - - - Außenrand der alpinen Geosynklinalen
- ▤ Penninische Ophiolithgeosynklinale
- ▥ Bosnische Ophiolithgeosynklinale
- Schwächezonen des Vorlandes: Pyrenäen- und subkarpathische Geosynklinale
- · - · - Teilgeosynklinale des Kalkapennins, des Tell, des Rif
- > deuten die Stellen der ersten und intensivsten Polströmungen im Gebiet des stärksten herzynischen Zusammenschubes an.

Helle Schraffur = Herzynisches Geosynklinalorogen des alpinen Vorlandes

Dunkle " = Böhmischo-korsische Masse " " "

Helle Doppelschraffur = Magyarische Masse

Dunkle " = Keltiberischer Block Spaniens

Der kurze Pfeil im kastilischen Block deutet auf die Abdringung der iberischen Meseta bei der Öffnung der Pyrenäengeosynklinale hin.

Da nun aber ein glattes Auseinanderreißen der Schollen und Schollenfragmente nach Norden und nach Süden infolge der bereits in herzynischer Zeit bestehenden südlichen Einengung der mitteleuropäischen Bucht durch eine keltiberische und eine magyarische Ecke außerordentlich erschwert, vielleicht sogar verunmöglicht war, so bildete sich eine sekundäre Dehnungszone mit ostwestlichem Verlauf im Bereich des heutigen Pyrenäensystems. Diese pyrenäische Dehnungszone

versucht gewissermaßen jene der Schweizer- und der Ostalpen gegen Westen fortzusetzen, sie ist aber nur ein querer Riß bei dem Versuch der südlichen böhmisch-korsischen Scholle, aus der Umklammerung der mitteleuropäischen Bucht durch die kastilische und die ungarische Beugung nach Süden herauszukommen.

Bei der Öffnung dieser pyrenäischen Dehnungszone, die auffallenderweise gegen Westen mit Annäherung an den galicischen Horst sich mehr und mehr schließt, wird dann der Block der iberischen Meseta etwas gegen Südwesten zurückgedreht worden sein, so daß schließlich in der Folge die weitere Auftrennung der böhmischen Rcklandsscholle nun wieder längs den tektonischen Linien vor sich gehen konnte. Daneben kann man die pyrenäische Dehnungszone auch auffassen als einen sekundären Parallelri zur werdenden betischen Geosynklinale, die im Süden, vielleicht längs dem Nordrand des herzynischen Rücklandes, aufgerissen ist.

Sind somit bereits hier im Westen Europas die Zusammenhänge im Einzelnen schon sehr verworren und die vorstehenden Vermutungen noch weit von einer definitiven eindeutigen Lösung des Problems, so gestaltet sich die Deutung des europäischen Ostens noch viel schwieriger. Verschiedene Phänomene scheinen sich da total zu überschneiden. Zunächst ist auffallend, daß die alpine Geosynklinale des Westens gegen Osten hin ihren deutlichen Vorrang abtritt an die große Geosynklinale der Dinariden, die bosnische Geosynklinale, und daß diese dinarische Geosynklinale dem vermutlichen variskischen Zwischenstück zwischen Sudeten und Balkan ungefähr konform verläuft. Die Hauptdehnungszone des östlichen Europa, charakterisiert durch das Auftreten der dinarischen Ophiolithe, folgt somit zweifellos wie jene des Westens alten herzynischen Linien. Die mächtige und schon sehr breite Dehnungszone der alpinen, d. h. der penninischen und ostalpinen Geosynklinale aber konnte im Osten, wo die variskischen Ketten plötzlich scharf nach Süden umschwenken, nicht einfach abbrechen und aufhören, sondern diese penninisch-ostalpine Dehnungszone mußte sich, wenn auch unter erhöhten Schwierigkeiten, in gleicher Richtung noch weiter fortsetzen, ähnlich wie die Geosynklinale der Pyrenäen diese Dehnungszone von den Westalpen aus noch gegen Westen fortzusetzen bestrebt war. Die stärksten Dehnungen machten sich eben zuerst im Segment der eigentlichen heutigen Alpen geltend, als in denjenigen Sektoren, wo infolge des intensivsten herzynischen Zusammenschubes im Abschnitt zwischen Oberrhein und Böhmen die stärksten subkrustalen Strömungen einsetzten. Dabei erscheint es nun aber ganz klar, daß einmal bestehende Dehnungszonen nach beiden Seiten naturgemäß einfach in derselben Richtung fortwuchsen und so früher oder später die mehrfach gewundenen herzynischen Strukturen über-

schneiden mußten. Dies umsomehr als eben ein glattes Auseinanderreißen der Schollen, genau längs den herzynischen Linien, infolge der südlichen „Einengung“ der mitteleuropäischen Bucht überhaupt nicht möglich war. So setzt die alpine Geosynklinale jenseits der Ostalpen quer durch die alten herzynischen Strukturen hindurch, in ähnlicher Weise wie im Westen die Pyrenäengeosynklinale dies tut, oder wie heute der Bosphorus, das ägäische Meer oder schließlich der Atlantische Ozean die alpinen Ketten quer durchschneiden. Dabei schwenkt sie gegen Osten allerdings mehr und mehr in die Richtung des polnisch-galizischen Vorlandgebirges der Herzyniden ein, um schließlich mit jener Dehnungszone zusammenzutreffen oder sich mit derselben zu verschneiden, die im Balkangebiet, abermals parallel den herzynischen Hauptketten, sich geöffnet hat. Eine weitere sekundäre Dehnungszone am Innenrand des polnisch-galizischen Vorlandastes, am Ostrand der magyarischen Masse, führt zu der sekundären Geosynklinale, der später die alpinen Vorlandfalten zwischen Krakau und der Dobrudscha entstiegen sind. Die alpine Hauptgeosynklinale verläuft so gewissermaßen mitten durch das magyarische Zwischengebirge des herzynischen Systems, und der Grund zu dieser Plazierung mag in irgend einer sekundären „Schwächezone“ dieser Masse liegen, die uns vielleicht durch die posthumer jungen Falten zwischen Oberschlesien und der Lysagora, die mitten in diese Masse hineinzielen, heute noch angedeutet ist. Sichere Daten darüber werden wir jedoch wohl nie erfahren.

Daneben aber bleibt die merkwürdige Ausbauchung der eigentlichen Karpathen, die sich in jeder Beziehung eigenwillig von den herzynischen Hauptlinien entfernen. Aber da ist nicht zu vergessen, daß es sich um ein rein sekundäres Hineinfließen ganzer Gebirgszonen in eine gewaltige Depression des Vorlandes handelt, und daß die heutigen Linien der Karpathen die einstigen Dehnungszonen der werdenden Geosynklinalen nur in äußerst verzerrten Zügen wiedergeben. Und wenn wir den Verlauf der herzynischen Ketten in diesem Abschnitt Europas betrachten, so erkennen wir bald die tiefere Ursache dieser karpatischen Extratour. Die Karpathen fließen in das gewaltige magyarische Zwischengebirge zwischen variskisch-balkanischen Ketten und dem Vorlandast Polens und der Dobrudscha hinein. Wo sich an den beiden seitlichen Enden dieses Zwischenmassivs die herzynischen Ketten enger zusammenscharen, da wächst der Widerstand gegen das karpatische Vordringen, und die karpatischen Flanken werden durch diesen wachsenden Widerstand zurückgehalten und gebremst, zurückgebeugt in die Ostalpen und den Balkan. Zwischen Spanien, Sardinien und den Ostalpen dringt die alpine Front nirgends über die herzynischen Hauptketten heraus, dieselben bilden mit ihrer engen Faltung eine enorme Versteifung, die die alpinen Ketten trotz gewaltigem

Ansturm gar bald aufhört und zu enggescharten Ketten zusammenstaut. Sobald die alpine Front aber zwischen Wien und dem Eisernen Tor den Block der herzynischen Hauptgebirge überschritten hat, stößt sie mit ungleich größerer Leichtigkeit in einzigartiger Freiheit der Bewegung in das vorliegende tiefversenkte Zwischengebirge hinein und findet erst Halt an der alten Vorlandkette zwischen Krakau und der Dobrudscha.

Überblicken wir alle diese Zusammenhänge zwischen den herzynischen Gebirgen und den alpinen Anlagen Europas als Ganzes, so ist etwa folgendes zu sagen. Die Dehnungen im Gefolge der herzynischen Orogenese verteilen sich auf eine ganze Anzahl von Dehnungszonen, es bilden sich eine ganze Reihe mehr oder weniger ausgesprochener neuer Geosynklinalen. So erkennen wir eine alpine mit der penninischen Ophiolithaxe, eine dinarische mit den bosnischen Ophiolithen, daneben eine pyrenäische, eine karpathische und subkarpathische, eine solche des Apennins und wohl auch eine solche des Juragebirges. Die Hauptdehnungszonen folgen primär zunächst naturgemäß älteren tektonischen Linien, vor allem gewissen Schwächezonen der Herzyniden. Einmal aufgerissen aber wachsen sie nach den Seiten oft einfach weiter, ganz unbekümmert um gewaltsame Richtungsänderungen der alten Ketten. Doch macht sich auch da noch das Bestreben bemerkbar, sich wenn immer möglich den alten Linien schließlich wieder anzupassen.

So entsteht am Schluß der herzynischen Orogenese infolge der Poldrift der beiden großen Grundkontinente Gondwanas und Laurasias im herzynischen Orogen und an dessen Peripherien ein ganzes System von Dehnungszonen, ein ganzes Netz von mehr oder weniger ausgesprochenen Geosynklinalen. Die Hauptdehnungszonen folgen in erster Linie den alten tektonischen Linien, sie reißen zuerst auf und sie liegen in den Sektoren des größten älteren Zusammenschubes. Diese ersten Dehnungszonen wachsen sich dann aus zu den Hauptgeosynklinalen des neuen orogenen Systems, diese ersten Dehnungszonen erleiden die kräftigste und andauerndste Dehnung, in ihnen wird die feste Kruste am stärksten ausgezogen und entstehen die weitaus dünnsten Geosynklinalböden, und in ihnen in erster Linie gelangen damit die Ophiolithe der Tiefe zur Intrusion. Der Verlauf dieser ersten Dehnungszonen bestimmt damit den Platz der späteren geosynklinalen Zentralgebirge des nächsten Orogens.

Damit glaube ich am Beispiel der postherzynischen Ereignisse im südlichen Europa zur Genüge angedeutet zu haben, welche komplizierte Vorgänge es sind, die nach dem Abschluß einer Orogenese ein neues System von Geosynklinalen als Grundlage zu einem weiteren Orogen zu schaffen im Stande sind, und wir wollen nun des weiteren einmal die

Frage einer näheren Prüfung unterwerfen, ob sich die in diesem Kapitel gewonnenen Anschauungen über ein stetes Wechselspiel von Polflucht- und Poldriftkräften auch noch weiter in der irdischen Vergangenheit mit dem Erfolg einer tieferen Erkenntnis der Dinge anwenden lassen.

Zunächst mögen wir uns dabei etwas orientieren

4. Über die Grundanlagen und den Mechanismus der herzynischen Bewegungen.

Daß am Ende der herzynischen Orogenese die beiden Grundkontinente der Erde, Laurasia und Gondwana, unter dem Einfluß der Polströme wieder auseinandertrieben, wurde bereits gesagt. So gelangte die „Lage Basels“, von 6° n. Br. am Schlusse des Karbons um 6—7° nach Norden driftend, im oberen Perm an den Südrand des nördlichen Wüstengürtels, ihren „Startpunkt“ für die alpine Orogenese. Bei dieser in der Hauptsache rein permischen Nordwanderung des laurasiatischen Kontinentes wurden gewisse schwache Stellen desselben noch etwas zusammengestaut, und dieser **permischen Poldrift** des Nordkontinentes verdanken wir daher wohl auch zur Hauptsache etwa jene permischen Nachphasen im herzynischen System, die Stille als die „saalischen“ und „pfälzischen“ Faltungen Europas bezeichnet. Gondwana seinerseits trieb am Schlusse der herzynischen Paroxysmen ebenfalls unter dem Einfluß der Polströme gegen Süden hin ab, und seine Nordfront gelangte dabei von 5—6° s. Br. auf rund 12° s. Br. hinab. In dieser permischen Südbewegung des afrikanischen Blockes mögen die Ursachen für die Bildung der **Kapgebirge**, die ja in diesen Zeitabschnitt der Erdgeschichte fällt, gesehen werden. Man wird zwar gegen diese Auffassung einwenden, die Kapgebirge Südafrikas seien nicht von Norden gegen Süden, sondern vielmehr von Süden gegen Norden, also gegen Afrika hin und nicht von Afrika weg bewegt. Aber einmal kann diese übrigens eher schwache Überstürzung der Kapfalten auf Afrika zu sehr wohl als eine Rückfaltung gegen Afrika aufgefaßt werden — die Kapfalten bilden ja im Großen einen gegen Süden schauenden Bogen — und anderseits besteht doch ganz zweifellos am Südrande des afrikanischen Kontinentes eine starke Zusammenstauung der Erdrinde, die zeitlich mit der aus ganz anderen Gründen postulierten postherzynischen Poldrift Afrikas ganz ausgezeichnet zusammenfällt, und die daher, gerade aus diesem zeitlichen Zusammenfallen der Phänomene heraus, unbedingt in engster genetischer Verbindung mit dieser afrikanischen Poldrift gestanden haben muß. Umsomehr noch als wir auch aus Argentinien am Südrande des westlichen Gondwanalandes auffällige Reste permischer Ketten kennen, die allgemein als die direkte Fortsetzung des südafrikanischen Kapsystems angeschaut werden.

Diese offenbaren Zusammenhänge zwischen einer postherzynischen Poldrift Afrikas und der Bildung der Kapegebirge geben uns nun aber vielleicht auch einen gewissen Anhaltspunkt über die Dauer dieser Poldrift, d. h. über das engere Zeitintervall der Dehnungsphase der alpinen Geosynklinale. Denn nach den neueren Untersuchungen der süd-afrikanischen Geologen reicht die Kapfaltung bis in die Trias hinein, — die wenigstens noch untertriadischen „Beaufortschichten“ der oberen Karroo-Formation sind in die Kapfalten noch mit einbezogen —, und wir hätten auf diese Weise einen Fingerzeig dafür, daß damit auch die Dehnung der alpinen Geosynklinale bis in die Trias hineingereicht habe. Mit einer solchen Annahme aber stimmen gerade die stratigraphischen Daten aus der alpinen Trias sehr gut überein. Denn wirkliche Anzeichen neuerlichen Zusammenschubes mit „orogenen“ Sedimenten finden wir in der alpinen Trias erst vom Keuper an, also etwa vom Niveau der Raiblerschichten nach oben, und die heftigen alpinen Zusammenschübe mit der Herausbildung ausgeprägterer „Geantiklinalrücken“ und typisch „orogener Sedimentation“ beginnen erst im Lias. Mit dieser Annahme stimmt auch überein, daß jene vulkanische Tätigkeit in der alpinen Geosynklinale, welche deren Dehnung begleitete, vom Perm mit gewissen Unterbrüchen bis weit in die Trias, und zwar bis hinauf zur karnischen Stufe reicht. Es sei nur an die permischen Porphy- und Melaphyrdecken von Bozen und Lugano, von Glarus und Graubünden, die Porphyrite und Melaphyre der ladinischen Stufe der Südalpen, oder an die permotriadischen Ergüsse des Hohen Atlas erinnert. Die merkwürdigen, melaphyrähnlichen Basaltströme im Pelvoux dringen sogar erst an der Grenze zwischen Trias und Lias, wahrscheinlich etwa im Rhät empor. Wir dürfen daher wohl annehmen, daß die Poldrift der Kontinente, die zur Bildung der alpinen Geosynklinale führte, allgemein noch bis weit in die Trias hinein fortgedauert habe. Für Afrika aber läßt sich meiner Meinung nach dieses Faktum durch das Alter der letzten zusammenstauenden Bewegungen im Kapegebirge direkt und ausgezeichnet belegen.

Welches aber war nun die **Lage Afrikas vor der herzynischen Orogenese?**

Die herzynischen Ketten zwischen den Mendips und der Sierra Morena füllen heute einen Raum von rund 14 Breitegraden. Nehmen wir nun einmal, wie schon im vorletzten Abschnitt dieses Kapitels an, es sei die ursprüngliche herzynische Geosynklinale bei den herzynischen Bewegungen nur von 17 auf 14° zusammengeschoben worden, was wohl das äußerste Minimum eines herzynischen Zusammenschubes darstellen dürfte, so gelangen wir bei Mitberücksichtigung der mittenglischen und schottischen Kohlenfelder zu einem europäischen Kohlen-gürtel von rund 21° ursprünglicher Breite. Verteilen wir nun diesen

Kohlengürtel gleichmäßig beidseits des Äquators, wodurch die klimatischen Bedingungen zur Bildung eines solchen am ehesten erfüllt sind, so finden wir den Südrand des vorherzynischen Europas, der heute durch die Nordfront der herzynischen Ketten markiert ist, bei rund 6° n. Br., den abgewinkelten Südrand der europäischen Herzyniden jedoch, d. h. etwa die Lage der Sierra Morena, bei rund 10° s. Br. Das ist aber nur der abgewinkelte Südrand der europäischen Gebirge, und nicht der sichere Nordrand der afrikanischen Masse. Heute nun schalten sich zwischen die Sierra Morena und den Nordrand der Saharatafel, dessen Lage wir ja für den Beginn der herzynischen Faltung bestimmen wollen, die alpinen Hauptgebirge mit etwa 7° heutiger, „zusammengeschobener“ Breite ein. Die „abgewinkelte“ Breite dieser alpinen Zone dürfte mit 10° nicht zu hoch bemessen sein. Nehmen wir nun, was durchaus wahrscheinlich ist, einmal an, die im Gefolge der herzynischen Orogenese eingetretene „Dehnung“ der alpinen Geosynklinale sei nicht größer gewesen als der spätere alpine „Zusammenschub“, so kommen wir für das Ende der herzynischen Orogenese für die Strecke zwischen Sierra Morena und Sahara auf eine Breite von rund 7° . Diese 7° allermindestens aber muß die afrikanische Nordfront auch vor der herzynischen Orogenese weiter südlich gelegen haben als der abgewinkelte Südrand der Sierra Morena. Wir gelangen dabei bei dieser vorsichtigen Schätzung auf eine afrikanische Nordfront zu Beginn der herzynischen Bewegungen bei mindestens 17° s. Br.

Nehmen wir aber einen stärkeren herzynischen Zusammenschub an und setzen wir die ursprüngliche Breite der herzynischen Geosynklinale zwischen den Mendips und der Sierra Morena statt auf 17° auf 20° an, so verschiebt sich damit der abgewinkelte Südrand der Sierra Morena auf 12° s. Br. Stellen wir nun weiterhin in Rechnung, daß sich der am Schlusse der herzynischen Paroxysmen noch 7° breite Raum zwischen Sierra Morena und der Saharatafel anlässlich der herzynischen Bewegungen gleichfalls etwas zusammengeschoben habe, was schließlich durch die nordafrikanischen „Altaiden“ ja belegt ist, so dürfen wir wohl den **Nordrand Afrikas**, die Nordfront der heutigen Saharatafel, zu Beginn der herzynischen Paroxysmen ohne weiteres allermindestens auf rund 20° s. Br. ansetzen.

Wie steht es bei dieser Konstellation der Dinge nun aber mit dem Südende des afrikanischen Blockes?

Wenn wir uns den afrikanischen Block ganz einfach um die genannten Beträge direkt nach Süden gegen den Pol hinab zurückgeschoben denken, so gelangen wir, selbst ohne das Kapgebirge zunächst zu berücksichtigen, zu Beginn des Karbons mit der afrikanischen Südspitze in die unmittelbare Nähe des Südpols hinab. Und glätten wir die allem Anschein nach zwar nicht gerade sehr verwickelt gebauten

Kapgebirge noch aus, so mögen wir mit den südlichsten Teilen des afrikanischen Blockes zu Beginn der herzynischen Paroxysmen wohl schon beinahe etwas auf der „pazifischen“ Seite des Südpoles stehen, auf jeden Fall aber gleichfalls in unmittelbarer Nähe des Pols.

Mit diesen einfachen Annahmen verträgt sich nun aber besonders die Flora des südafrikanischen Karbons gar nicht. Es sind dort im oberen Karbon doch Lepidodendren und Saurierreste gefunden worden, Lepidodendren auch im mittleren Karbon. Es ist aber ganz ausgeschlossen, daß solche Floren und Saurier sich in einer derartigen, ganz unmittelbaren Nähe des Südpoles entwickeln oder halten konnten, und wir müssen daher die Raumlösung für die Südfront Afrikas doch etwas anders suchen.

Der Verlauf der alpinen Orogenese gibt uns dabei einen wichtigen Fingerzeig. Wir sahen nämlich sehr deutlich, daß Eurasien durch das vordringende Gondwana, in ähnlicher Weise wie übrigens auch das westliche Nordamerika, sehr stark gedreht worden ist. Drehen wir den eurasiatischen Block aber wiederum zurück, so erkennen wir, daß bei dieser Operation die Südspitze Afrikas keineswegs direkt gegen den Pol hin zurückzuliegen kommt, sondern weit eher gegen Südosten zurückweicht. Die Südspitze Afrikas mag daher sowohl an der Perm-Triasgrenze, d. h. bei der Bildung der Kapgebirge, zu der Zeit, als seine Nordfront auf ca. 12° s. Br. stand (vergl. S. 219), wie schon vor der Bildung der Kapgebirge etwa zu Anfang des Perms, als die afrikanische Nordfront auf ca. 8—10° s. Br. lag, etwa im Raum zwischen Kerguelen und der Antarktis gestanden haben. In dieser Position scheint eine Bildung des südafrikanischen Oberkarbons, d. h. der Dwykaserie, durchaus noch möglich. Und wenn wir nun auch noch die herzynischen Faltungen Europas ausglätten und dabei die Nordfront Afrikas wie eben dargelegt auf rund 20° s. Br. ansetzen, so gelangen wir mit dem Bildungsort des südafrikanischen Mittelkarbons, der „Wittebergserie“, auch gar nicht mehr zum Südpol, sondern stark daneben vorbei in die Gegend nördlich Wilkesland. Daneben mögen wir auch annehmen, daß sich seit dem Karbon der Erdkern in fühlbaren Beträgen kontrahiert hat, daß also zu jener Zeit Afrika um die postulierten Beträge nach Süden wandern konnte, ohne vielleicht gerade direkt schon auf den Pol zu stoßen.

Auf jeden Fall aber legen uns diese Gedankengänge die Vermutung nahe, daß Gondwana seit dem Karbon auch recht bedeutend gegen Westen gedriftet sei, und daß vielleicht die Wirkung der Westdrift doch etwas stärker sein könnte, als dies nach dem Verlauf der bisherigen Analyse angenommen werden konnte. Gondwana trieb auf jeden Fall bei seiner primären Hauptbewegung gegen den Äquator auch um namhafte Beträge gegen Westen. Hingegen handelt es sich auch hier um eine allgemeine Westdrift der irdischen

Massen, und keineswegs um eine Sonderdrift etwa der beiden Amerika im Sinne von WEGENER.

Wie dem auch sei, für die „Ausgangslage“ des afrikanischen Blockes vor der herzynischen Orogenese müssen wir dessen Nordfront auf ca. 20° s. Br., dessen Südfront in die Nähe des Pols verlegen. Der Schwerpunkt der Masse muß in mittleren Breiten gelegen haben, so daß eine Polflucht mächtige Entwicklungsmöglichkeiten besaß.

Dem gegenüber lag **Europa zu Beginn der herzynischen Orogenese**, noch mehr als zu Beginn der alpinen, direkt äquatorial. Nehmen wir einen Zusammenschub der herzynischen Geosynklinale auf die Hälfte der primären Breite an, so stand sein Nordrand auf Grund unserer paläo-geographischen Postulate auf knapp 40° n. Br., sein Südrand, d. h. die Nordfront der herzynischen Geosynklinale, heute durch den Nordrand der herzynischen Ketten markiert, bei etwa 10° n. Br., (vergl. unsere Begründung auf S. 194). Nehmen wir aber den geringsten möglichen Zusammenschub der herzynischen Geosynklinale an, so kommen wir zu einem europäischen Südrand auf 6° n. Br., zu einem Nordrand auf knapp 35° n. Br. Der ganze europäische Kontinentalsockel zwischen der herzynischen Nordfront und Spitzbergen war also in jedem Falle nur knapp 30 Breitengrade mächtig, und sein Schwerpunkt lag bei rund 20 bis 25° n. Br., so daß eine zentrifugale Polfluchtkomponente gar keine nennenswerten Beträge erreichen konnte. Zudem muß die „Geosynkinalströmung“ im Untergrund des vorherzynischen Europas bei der Vollendung der herzynischen Geosynklinale, die den herzynischen Zusammenschub einleitete, nur eine relativ schwache gewesen sein, da ein Ausgleich der Massen hier in relativ rascher Strömung vornehmlich gegen Norden vor sich gehen konnte, in Anbetracht der bei der Schmalheit des europäischen Blockes so überaus nahen Ausweichmöglichkeit der Massen gegen den Nordpol hin. Es erklärt sich daher auf diese Weise ganz natürlich, daß der europäische Block gar keine rechte Polflucht entfalten konnte und gewissermaßen hilflos dem durch seine Lage und seine Masse überaus polfluchtkräftigen afrikanischen Kolosse ausgeliefert war. So kam es, daß schon die herzynische Orogenese in ganz ähnlicher Weise verlief wie später die alpine, daß schon bei der Bildung der herzynischen Gebirge der Erde der Block Europas vom afrikanischen Kolosse einfach passiv nach Norden gestoßen wurde und daß daher der Zentralsektor Europa-Afrika schon im herzynischen Orogen nur Bewegung gegen Norden aufwies.

Im Raume Europa-Afrika ging also schon die herzynische Orogenese die Wege, die später von der alpinen wieder beschritten worden sind. Die herzynische Ausgangslage Europas war eben dermaßen „äquatorial“, daß eine gegen Afrika gerichtete Polflucht sich gar nicht entfalten konnte, und Europa gerade entgegen einer eigenen verkümmerten

Polflucht vom polfluchtkräftigen afrikanischen Koloss gegen seinen „eigenen“ Pol zurückgedrängt wurde.

Über die herzynischen Bewegungen im **Osten** und im **Westen Laurasias** sind wir im Grunde noch viel zu wenig unterrichtet, um im Einzelnen urteilen zu können. Doch weisen gerade die stets nicht tropische, im Gegenteil deutlich auf kühlere Breiten schließenlassende Glossopterisflora der Karbonformation Sibiriens und die gleichfalls sehr kümmerliche Karbonflora Alaskas, dann besonders das Vorkommen von direkt mit der südafrikanischen Dwykaformation verglichenen Tilliten im kanadischen Alaska, des fernerer die borealen Faunen beider Gebiete und das Fehlen jeglicher tropischer Wüstenablagerungen mit aller Schärfe daraufhin, daß diese beiden Flügel Laurasias vor den herzynischen Paroxysmen ganz bestimmt nicht in den Tropen, sondern in recht hohen Breiten lagen.

Es scheint auf diese Art die Lage des laurasiatischen Grundkontinentes vor den herzynischen Paroxysmen im großen ganzen eine durchaus ähnliche gewesen zu sein wie die, welche wir auch für den Beginn der alpinen Orogenese annehmen müssen. Das heißt, das zentrale Segment Laurasias lag mit Europa weit im Süden am Äquator, die beiden Flankenstücke jedoch in höheren gemäßigten Breiten oder sogar in der Nähe des Polarkreises.

Die Bewegungsrichtung der herzynischen Gebirge Europas weist eindeutig nach Norden hin. Aber die herzynischen Ketten des zentralen und östlichen Asiens und gewisse Elemente Nordamerikas zeigen gegenüber diesem europäischen Nordschub genau dasselbe Verhalten wie die alpinen Gebirge dieser beiden laurasiatischen Seitenflügel gegenüber dem europäischen Alpidensektor. In Europa sehen wir, bis hinüber in die Gegend der Kaspisee, die herzynischen Ketten in ihrer Gesamtheit nach Norden vordringen. Jenseits der Kaspisee aber ändert sich das Bild. Östlich derselben geht alle herzynische Bewegung nicht mehr von einem südlichen indo-afrikanischen, sondern vom sibirischen Blocke aus. Mit Ausnahme der herzynischen Ketten im Süden des Tarimbeckens, die bereits im herzynischen Zyklus schon gegen Norden gestoßen erscheinen. Die großen herzynischen Hauptketten Asiens aber sind, worauf ja SUESS immer besonders bestanden hat, gegen Süden bewegt. Im Gegensatz zu der jüngeren, alpinen Südbewegung Asiens beginnt aber dieser herzynische Vormarsch Sibiriens schon bedeutend weiter westlich sich geltend zu machen. Die „alpinen“ Ketten Asiens dringen erst vom Ostende des Himalayasystems an universell gegen Süden zu vor; die „herzynischen“ Züge hingegen tun dies bereits in aller Deutlichkeit im westlichen Asien, im ganzen System des Tianschan, und die westlichsten „Ausläufer“ dieser herzynischen Südbewegung Asiens erreichen sogar den Ural, der nur vor dem steifen

russischen Block „nach Norden abbiegt“ und deshalb gegen Westen überschoben erscheint. In die herzynische Südbewegung Asiens fügen sich auch die erst in jüngerer Zeit bekannt gewordenen großen Südüberschiebungen im Raume des Beckens von KUSNEZK, die neuerdings von OBRUSCHEW in seiner so überaus wertvollen und lehrreichen „Geologie von Sibirien“ abgebildet worden sind, ganz ausgezeichnet ein. Und wie die alpinen Ketten Asiens gegen den äußersten Nordosten hinauf mehr und mehr abklingen, so tun dies auch die herzynischen gegen das Ochotische Meer hinauf. Dabei erkennen wir gemäß dem nördlichen Abbiegen der Ketten mehr und mehr eine sekundär bedingte herzynische Bewegung auch gegen Osten.

Die herzynischen Ketten Eurasiens zeigen somit in ihrem Verlauf und ihrer Entstehung weitgehende Analogien mit dem Verlauf der alpinen Leitlinien. In beiden Systemen wird der europäische Sektor nach Norden, der asiatisch-sibirische gegen Süden vorgestoßen. In beiden Systemen liegt der Ausgangspunkt der herzynischen Orogenese mit den schiebenden Blöcken der aktiven Rücklandkontinente in Europa weit im Süden, in Sibirien dagegen hoch im Norden. Daher erkennen wir eine starke **laurasiatische** Polflucht mit generellem Südschub im Osten, in Asien, und daher entwickelt sich im westlichen, europäischen Sektor keine eigene Polflucht Europas, sondern dasselbe wird samt den entstehenden Ketten durch eine mächtig gesteigerte Polflucht Afrikas entgegen seiner eigenen Tendenz nach Norden gedrängt.

Und in Amerika treffen wir für die herzynischen Gebirge abermals, soweit dies heute schon zu erkennen ist, ein ganz ähnliches Bild wie für die alpinen Ketten. Der Ostrand Amerikas, der alpin gegen Norden zu gestoßen ist, zeigt diese allerdings etwas gegen Nordwesten abgelenkte Bewegung auch im herzynischen Gebirge der Appalachen. Dieselben sind eindeutig gegen Laurasia hin bewegt. In Texas aber tritt neben diese appalachische Nordbewegung in den Ouachita-, den Arbuckle- und den Wichita-Mountains mehr und mehr auch eine gewisse Südfaltung hervor, die sich zwar noch nicht durchgehends durchzusetzen vermag, die aber immerhin im Gesamtverlauf jener Fragmente und in deutlichen Überkipnungen gegen Süden sich recht klar zu äußern scheint. Der ganze Westen Nordamerikas hingegen zeigt bis heute keine eigentlichen herzynischen Ketten, die postpermische Sedimentserie liegt sozusagen überall konkordant auf Karbon und Perm. In Alaska jedoch erscheinen herzynische Falten wieder, und zwar scheinen sie dort nach Süden gestoßen zu sein wie die alpinen auch.

Mit einziger Ausnahme des nordamerikanischen Westens erkennen wir also in den herzynischen Gebirgen Laurasias die ganz gleiche Entstehungsart wie in den alpinen. Nordschub mit afrikanischer

Polflucht im Zentrum steht Südschub mit laurasiatischer Polflucht an den beiden Flanken des Systems, besonders im asiatischen Flügel entgegen. In der Intensität der Bewegung jedoch besteht ein Unterschied. Das Südwärtsrücken Sibiriens ist im herzynischen Zyklus viel ausgeprägter und weitgreifender, es erstreckt sich auf eine ungleich längere Front als bei der alpinen Orogenese. Dabei war aber der Nordschub in Europa allermindestens eben so stark wie zur Zeit der alpinen Faltung. Der laurasiatische Nordkontinent scheint daher während der herzynischen Orogenese als ganze Masse viel stärker im Sinne nach rechts gedreht worden zu sein, und diese Tatsache könnte schließlich einen gewissen Grund dafür gebildet haben, daß die Westflanke Nordamerikas nicht recht gegen Süden vorwärts kam, und den kettenstauenden pazifischen Widerstand nur ganz im Norden, in Alaska notdürftig zu erreichen vermochte. So begreifen wir, warum in Alaska

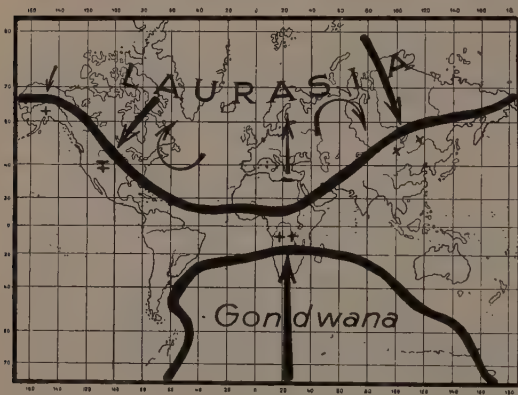


Fig. 40. Die Fronten Laurasias und Gondwanas zu Beginn der herzynischen Orogenese.

Die Pfeile deuten die herzynische Bewegungsrichtung der einzelnen Segmente und die Drehung Laurasias an.

- ++ = Starke Polflucht Sibiriens und Gondwanas
- + = Mäßige Polflucht in Alaska
- ⊕ = Relatives Gleichgewicht zwischen laurentischer Polflucht und laurasiatischer Rechtsdrehung
- = Überwältigte Polflucht Europas

schwache herzynische Ketten vorhanden sind, im ganzen übrigen Westen Nordamerikas hingegen nicht.

Alles in Allem aber sehen wir bei der herzynischen Orogenese dieselben Faktoren am Werk wie bei der alpinen, d. h. in erster Linie die Polflucht der Kontinente, in zweiter den pazifischen Widerstand. Bei beiden Orogenesen erkennen wir daneben auch dieselbe merkwürdige Ausgangslage Europas in tropischen Breiten, wodurch in beiden Fällen von allem Anfang an das eigenartige Schicksal dieses Kontinentes

bestimmt war, indem derselbe gar keine eigene Polflucht mehr entfalten konnte und vom afrikanischen Koloss mit seiner mächtigen aggressiven Polflucht einfach als passiver Block nach Norden gestoßen wurde. Die beiden laurasiatischen Flügel jedoch lagen in beiden Fällen den Polen ungleich näher, sie entwickelten aus diesem Grunde in beiden Fällen eine mächtige Polflucht und schoben damit sowohl die herzynischen wie die alpinen Gebirge ihrer Sektoren weitgehend gegen Süden. Der Grund zu dem so merkwürdigen Gegensatz zwischen europäischem Nord- und asiatisch-nordamerikanischem Südschub liegt somit

auch hier schon in jener merkwürdigen **Ausbauchung des laurasiatischen Zentrums gegen den Äquator**, wodurch dem laurasiatischen Mittelstück von allem Anfang an jede Chance zu einer eigenen kräftigeren Polflucht verwehrt war.

Vermögen wir nun vielleicht für diese merkwürdige schon vorherzynisch in Erscheinung tretende „Ausbauchung des laurasiatischen Zentrums“ gegen den Äquator, deren alpine Anlage somit schon auf eine vorherzynische Ausgangsbasis zurückgeht, auch weiterhin einige Gründe zu finden?

Betrachten wir die Anfangslage der Kontinente zu Beginn der herzynischen Orogenese. Der europäische Steinkohlengürtel bedeutet mit Ausnahme seiner nördlichsten Teile in Schottland und England nur die letzte „Füllung“ der ausgedehnten herzynischen Geosynklinale, in der sich, während des Devons besonders, die mächtigen altpaläozoischen Serien der herzynischen Gebirge Europas abgelagert haben. Nach dem Florencharakter der karbonischen Steinkohlen muß diese Geosynklinale im zentralen Sektor Europas weit im Süden, beidseits des Äquators gelegen haben, während der Osten mit Sibirien und der Nordwesten Amerikas deutlich kühlere Breiten einnahmen. Die herzynische Geosynklinale beschrieb somit schon damals einen gegen Süden gekehrten mächtigen Bogen, der vom Nordwesten Amerikas über den Äquator, d. h. quer durch Europa gegen Sibirien hinüber zog. Diese herzynische Anlage aber ist wie jene der „alpinen“ Geosynklinale viel zu gesetzmäßig, um rein zufällig zu sein, und wir sind daher wohl berechtigt, die Gesetze, die wir für die Bildung der alpinen Geosynklinale abgeleitet haben, auch auf ihre Gültigkeit im herzynischen Zyklus zu prüfen. Ganz besonders deshalb auch, weil diese herzynische Grundanlage im Prinzip genau dieselbe ist wie die der viel jüngeren alpinen Geosynklinale.

Die erste Anlage der herzynischen Geosynklinale nun geht, ganz allgemein, rein nach den Faziesverhältnissen beurteilt, etwa zurück auf den Beginn der Devonzeit. Sie fällt daher ganz fraglos zusammen mit dem Abschluß der kaledonischen Orogenese in den verschiedenen Teilen Laurasias, und wir sind daher auf jeden Fall berechtigt, zwischen dem Verlauf der kaledonischen Ketten und der Anlage der herzynischen Geosynklinale nähere Beziehungen zu vermuten.

Was für Zusammenhänge aber zeigen uns überhaupt die heute nur mehr in verlorenen Fragmenten erhaltenen kaledonischen Gebirge der Erde? Sind in denselben überhaupt noch gewisse Gesetzmäßigkeiten, vor allem im näheren Verlauf der Ketten, zu erkennen? Wird nicht vielmehr gerade durch die gewaltige nachkaledonische, d. h. die herzynische und die alpine Zerstückelung jenes alten Orogens jede tiefere Erkenntnis des einstigen großen Zusammenhanges dieser uralten Gebirge beinahe verunmöglicht?

Gewiß ist heute der große Zusammenhang der kaledonischen Gebirge der Erde durch den jüngeren Mechanismus der herzynischen und der alpinen Bewegungen weitgehend zerstört, und der kaledonische Bau bis auf seine tiefsten Fundamente abgetragen. Aber daneben sind gerade in den letzten Jahren durch die Arbeiten BORNs, HOLTEDAHLs und OBRUTSCHEWS eine ganze Reihe kaledonischer Bruchstücke weit besser als bisher bekannt geworden und schälen sich doch, besonders auf der nördlichen Halbkugel, einige sehr deutliche Gesetzmäßigkeiten heraus. Wir wollen daher trotz aller Schwierigkeiten und einer gewissen in der Natur der Sache liegenden Unvollständigkeit doch wenigstens versuchen, auch den Grundplan der kaledonischen Gebirge in seinen Hauptzügen etwas zu überblicken und trachten, auch hier, wenigstens in den großen Linien, zu einem übersichtlichen und verständlichen Gesamtbilde zu gelangen. Diese großen Linien des kaledonischen Baues aber werden uns vollständig genügen, um gewisse offenbare Zusammenhänge mit dem herzynischen Geschehen zu erkennen, und das ist vorderhand für unsere Studie über den irdischen Bewegungsmechanismus weitaus die Hauptsache. So soll denn im folgenden der kaledonische Bau der Erde nur in den knappsten Grundzügen kurz umrissen werden, gerade so weit, als dies für unsere Zwecke notwendig erscheint. Eine erschöpfende Übersicht der kaledonischen Phänomene der Erde ist ohnehin heute noch nicht möglich.

5. Über die Gliederung und Bedeutung der kaledonischen Gebirge

Da zieht zunächst ein erster mächtiger kaledonischer Gebirgszug von den kanadischen Appalachen, ja vielleicht sogar von Alaska her in großem Bogen durch die Britischen Inseln und Skandinavien bis hinüber an den Warangerfjord und hinauf nach Spitzbergen. Dabei geht in Europa die große Bewegung der Massen mit aller Deutlichkeit auf den Baltischen Schild und das Brabantermassiv, und die gegen Nordwesten überstoßenen relativ kurzen schottischen Thrusts erscheinen gegenüber den weiten Überschiebungen der skandinavischen Gebirge auf den Baltischen Schild nur als das Resultat einer rein lokalen Rückfaltung der kaledonischen Ketten. Die schottischen Elemente des kaledonischen Gebirges stehen den skandinavischen in ganz ähnlicher Rückfaltung gegenüber wie die dinarisch-südalpinen Zonen auf der Innenseite des Alpenbogens dem alpinen Deckengebirge. Die schottischen Thrustmassen entsprechen dabei den südwärts bewegten Schuppen der Südalpen, das skandinavische Deckengebirge ist in der Stellung der großen Decken der Alpen. Die schottischen Elemente sind gewissermaßen „kaledonische Dinariden“, die skandinavischen hingegen repräsentieren den kaledonischen Haupt-

stamm, sie sind gewissermaßen als die „kaledonischen Alpiden“ zu bezeichnen. Zwischen Kanada und Spitzbergen erstreckt sich so dieses bestbekannte kaledonische Bruchstück der Erde über 100 Längengrade quer durch den ganzen nordatlantischen Ozean.

Östlich des Warangerfjords verlieren sich zunächst die Spuren dieser großen kaledonischen Hauptkette, und nur ganz isolierte und schwach gefaltete kaledonische Fragmente sind aus dem nördlichen Ural, dem Timan und von Novaja Semlja dürftig bekannt. Diese verlorenen Bruchstücke jedoch scheinen eine schwache Verbindung herzustellen mit dem zweiten großen kaledonischen Gebirgszug Laurasias, der im Osten ganz Sibirien durchzieht, und der in großem nach Süden schauendem Bogen von den Mündungen des Jenissei bei Dudinka über Irkutsk und Jakutsk bis gegen Ochotsk hin nachgewiesen ist. Diese sibirische Kette ist neben dem kaledonischen Gebirge Kanadas, der Britischen Inseln und Skandinaviens das weitaus größte erhaltene Fragment der Kaledoniden der Erde.

Neben diesen beiden kaledonischen Hauptgebirgen sind eine ganze Reihe kaledonischer Bruchstücke von der nördlichen Halbkugel bekannt, so der Zug, der vom Kanal durch die Ardennen, den Harz und die Sudeten in die Lysa Gora hineinzieht, oder jene spärlichen Fragmente und Anzeichen kaledonischer Ketten, die wir aus Spanien, aus Persien, Armenien und Zentralasien kennen, oder wiederum aus dem Gebiete von Burma, oder schließlich aus dem Norden Nordamerikas, dem südöstlichen Alaska, dem arktischen Archipel und Grönland. Kein einziges dieser kaledonischen Fragmente aber erreicht auch nur annähernd die Bedeutung, die räumliche Ausdehnung oder gar die Intensität des Zusammenschubes der sibirischen oder der britisch-skandinavischen Ketten zwischen Kanada und Spitzbergen.

Das gleiche erkennen wir vorderhand auf der Südhalbkugel. Wohl sind eine Reihe kaledonischer Bruchstücke bekannt, aus Australien, aus Indien, aus Afrika, Südamerika und den südlichen Orkaden, aber alle diese kaledonischen Fragmente bleiben verloren und ohne rechten Zusammenhang, und ein recht großer Teil derselben, beispielweise ein Teil der Sahariden und die nordöstlichen Brasiliden, sind noch sehr unsicher in ihrer kaledonischen Zugehörigkeit.

So bleibt uns denn als ordentliche Diskussionsbasis für die Erkenntnis eines über größere Räume zusammenhängenden Orogens einzig der Nordteil der nördlichen Halbkugel, d. h. das Regime der sibirischen, und der kanadisch-britisch-skandinavischen Gebirge. Dieses **kaledonische Hauptsystem Laurasias** nun läßt sich deutlich gliedern in zwei mächtige, in der Hauptsache gegen Süden bewegte Bogen, die gerade im Sektor Europas, d. h. im Gebiete des heutigen Rußland, zwischen dem Jenissei und Skandinavien, weit gegen Norden zurück-

treten, und die nur vermutungsweise durch ein schwach ausgeprägtes Verbindungsstück im Norden des russischen Blockes miteinander in direktem Zusammenhang stehen. Das kaledonische Hauptsystem Laurasias zerfällt somit ganz klar in zwei deutlich grosso modo gegen den Äquator hin bewegte Hauptbogen, die durch ein europäisches, auf jeden Fall weit weniger bewegtes Mittelstück voneinander getrennt sind. Den westkaledonischen Bogen zwischen Kanada und Skandinavien nennen wir dabei nach seinem britischen Zentralstück das **britische Segment**, der ostkaledonische Bogen Sibiriens bildet das **sibirische Fragment**.

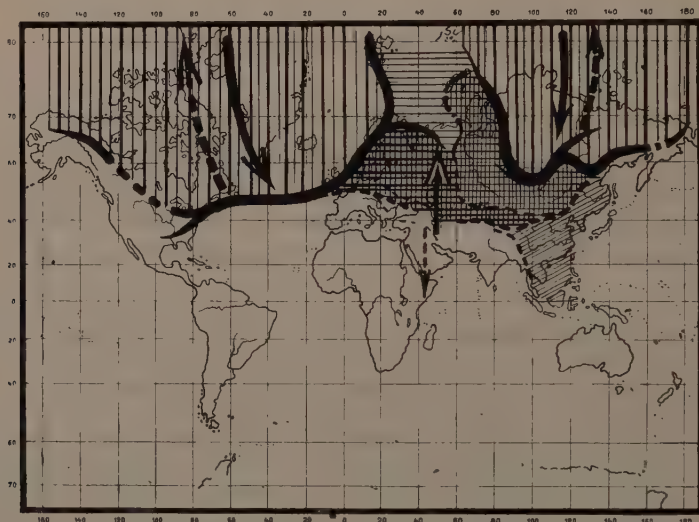


Fig. 41. Das kaledonische Hauptsystem der Nordhalbkugel. (Nach R. STAUB, 1927.)

Ganze Linien	= Kaledonische Geosynklinalgebirge: west- und ostkaledonischer Bogen
Strichel	= Kaledonische Vorlandgebirge Eurasiens
Vertikale Schraffur	= Kanadischer und sibirischer Block
Horizontale "	= Fragment der Barentssee
Dunkle gekreuzte Schraffur	= Russischer Block
Helle "	= Westsibirisch-mongolisches Fragment
Schräge Schraffur	= Sinische Masse
Ganze Pfeile	= Kaledonische Polflucht
Strichelpfeile	= Postkaledonische Poldrift.

Diese beiden kaledonischen Hauptelemente Laurasias treten nun auffallenderweise gerade dort in Erscheinung, wo der laurasiatische Kontinentalblock später, im Verlauf der herzynischen und der alpinen Orogenesen, je und je nach Süden vorgestoßen ist, — d. h. im Atlantischen Ozean und in Sibirien, — und wir dürfen daher vielleicht den Grund zu diesen so merkwürdig lokalisierten nachkaledonischen Südbewegungen Laurasias, d. h. die spätere Entfesselung einer starken laurasiatischen Polflucht gerade in diesen Segmenten, wohl in erster

Annäherung auf diese primäre Verteilung der kaledonischen Hauptelemente zurückführen.

ARGAND hat vor kurzem vorgeschlagen, die kaledonischen Gebirge im Umkreis des Atlantik, von Spitzbergen und Skandinavien bis hinab in die südlichen Orkaden zu einem einzigen, meridional streichenden Zuge zusammenzufügen, der aus einer an der Stelle des heutigen Atlantik gelegenen „uratlantischen“ Geosynklinale hervorgegangen wäre. Die Verbindungen zwischen nördlichen und südlichen Kaledoniden sind aber dermaßen hypothetisch, — sichere Dokumente fehlen über riesige Strecken, und für einzelne solche Verbindungsstücke, beispielsweise die Sahariden, ist ein weit höheres, wahrscheinlich algonkisches Alter in neuester Zeit ganz klar erwiesen, — daß eine solche, die kaledonischen Fragmente der Nord- und der Südhalbkugel zu einer einzigen Einheit zusammenfügende Kombination heute noch jeglicher Stütze entbehrt und vorderhand besser nicht in Betracht gezogen wird. Sichere Anhaltspunkte für eine Rekonstruktion der kaledonischen Ketten der Erde besitzen wir vorderhand nur im Norden Asiens, Europas und Amerikas, und da tritt eben die Gliederung in zwei gegen Süden schauende Bogen, im Gebiete des Atlantik und in Sibirien, überaus klar hervor. Das geosynklinale Zentralorogen der Kaledoniden Laurasias ordnet sich auf jeden Fall zu diesen beiden auffallenden Bogen. Und wenn von dem westlichen derselben an der europäischen Flanke ein wohl individualisierter kaledonischer Nebenast in das sonst geschlossene „Vorland“ des britisch-atlantischen Bogens abirrt, und in Form der „mitteleuropäischen Kaledoniden“ weit in den Baltischen Schild eindringt, so sehen wir darin nur ein klassisches kaledonisches Analogon zu dem alpinen Vorlandssystem der Pyrenäen, das ebenfalls vom geosynklimalen Hauptstamm eines Gebirgssystems über große Strecken in durchaus selbständigen Ketten längs schwächer struierten Zonen weit in dessen eigentliches Vorland ausstrahlt. Die mitteleuropäischen Kaledoniden zwischen dem Kanal und der Weichsel erscheinen in der linken Flanke des großen westkaledonischen Gebirgsbogens als einfacher gebaute Vorlandgebirge in durchaus derselben Situation wie die Pyrenäen in der linken Flanke des großen Alpen-Karpathenbogens der „alpinen“ Gebirge. Die mitteleuropäischen Kaledoniden sind daher gewissermaßen die kaledonischen Pyrenäen in der linken Flanke des westkaledonisch-britischen Hauptbogens des geosynklimalen Kaledonidenorogens. Als ähnliche kaledonische Vorlandgebirge vor der Front des sibirischen Segmentes werden wohl die kaledoniden Fragmente des zentralen Asiens aufzufassen sein. Auf die weitere Bedeutung dieser uralten Vorlandketten wird noch zurückzukommen sein.

Vorderhand aber wollen wir uns nun einmal fragen: was für einen Einfluß konnte dieser alte kaledonische Hauptplan Laurasias auf die

Gestaltung der herzynischen Geosynklinale und damit alles weitere Geschehen haben? Welches sind die näheren Beziehungen zwischen der Anlage der herzynischen Geosynklinale und diesem kaledonischen Grundplan, und wie fügt sich schließlich auch dieser älteste, mit sicheren stratigraphischen Daten noch über größere Räume verfolgbare Bau der Erde unseren für die alpinen und die herzynischen Ketten abgeleiteten Gesetzen der Gebirgsbildung?

Die herzynischen und alpinen Ketten der Erde lassen sich durch diese Gesetze, nach ihrer Lage und Verteilung im Raum, dermaßen ausgezeichnet erklären, daß wir wohl wenigstens einmal versuchen können, deren Gültigkeit auch in bezug auf die vorherzynischen Zeiten etwas näher zu prüfen. Nehmen wir einmal ohne weiteres ganz direkt an, die Gesetze, die die herzynische und die alpine Orogenese ganz offensichtlich regieren, gelten auch für die älteren vorherzynischen Zeiten, und schauen wir, zu was für Resultaten uns diese Anschauung führt.

Der bogenförmige Verlauf der herzynischen Geosynklinale zwischen Sibirien, Europa und Nordamerika ist durch viele Tatsachen gesichert, ich komme nicht mehr darauf zurück. Wir wollen nun aber einmal diese herzynische Geosynklinale auf ähnliche Weise entstehen lassen wie die alpine. Das heißt durch Dehnungen im Gefolge einer „Poldrift“, veranlaßt durch Strömungen der magmatischen Zone gegen die Pole hin, die ihrerseits infolge der Verdrängung magmatischer Massen durch eine eben abgeschlossene intensive Gebirgsbildung ausgelöst worden sind. Ein mächtiger erdumspannender Gebirgszug ist ja tatsächlich um die Zeit der Entstehung der herzynischen Geosynklinale, zu Beginn des Devons, in den kaledonischen Ketten zwischen Nordamerika, Europa und Sibirien zur endgültigen Türmung gelangt. Dieses kaledonische Gebirgssystem muß daher unbedingt als Basis für die herzynische Geosynklinale ganz direkt in Frage kommen. Sehen wir näher zu.

Die herzynische Geosynklinale besitzt als direktes nördliches Vorland den mächtigen „Oldred-Kontinent“. Derselbe reicht von Amerika durch Nordeuropa bis hinüber nach Sibirien. Zum zweiten Mal in der Erdgeschichte erkennen wir hier eine mächtige Wüstenbildung, die in ihrer Ausdehnung nur verstanden werden kann als das Produkt der heißen subäquatorialen Sandwüste. Dieses Oldredband Laurasias, um nur dieses zu betrachten, kommt damit zur Zeit seiner Bildung unfehlbar in die direkte nördliche Nachbarschaft des Äquators, d. h. den nördlichen Wüstengürtel der Erde zu liegen. Genau wie einen Zyklus später der triadische Buntsandsteinkontinent. Die an diesen Oldredgürtel der Nordhalbkugel im Süden sich anschließende zentrale herzynische Geosynklinale kommt damit ohne weiteres in den Äquatorialgürtel zu liegen, genau wie die Steinkohlenflora des euro-

päischen Karbons dies ja auch verlangt. Im Devon bilden sich in dieser äquatorial gelegenen Geosynklinale reiche Korallenriffe, die gleichfalls klar auf die tropische Zone hinweisen. Da nun aber der Oldred weitgehend auf dem ebengetürmten kaledonischen Gebirge transgrediert, — die Verhältnisse Englands, Irlands und Schottlands sind in dieser Beziehung ja klassisch, — so erkennen wir, daß die kaledonische Front zur Zeit des Devons, also zu Beginn des herzynischen Orogenesenzyklus, zum mindesten in den nördlichen Wüstengürtel fällt. In diesem Zeitpunkt war aber die herzynische Geosynklinale als solche schon geschaffen, der dazu prädestinierte Raum war bereits gedehnt, d. h. in Analogie mit den herzynisch-alpinen Verhältnissen, die nördliche Kontinentalmasse samt den Kaledoniden also schon nach Norden abgetrieben. Mit anderen Worten, die paläoklimatischen Verhältnisse der Oldredzeit zeigen auf jeden Fall deutlich, daß vor der Ablagerung des Oldred, vor der Dehnung der herzynischen Geosynklinale, die kaledonische Front Laurasias ganz allgemein weit gegen den Äquator, an gewissen vorgeschobenen Stellen wahrscheinlich sogar bis zum Äquator hinab gereicht hat. Damit sehen wir aber deutlich, daß die kaledonischen Gebirge Laurasias wie die des Herzynikums und die alpinen in ihrer Grund-Anlage äquatoriale Gebirge sind und daß damit auch sie auf die Polflucht der Kontinente, in diesem Falle Laurasias zurückgehen. **Der sibirische und der kanadische Schild haben bei ihrer auf Polflucht zurückgehenden Wanderung gegen Süden an ihrer Front, im äquatorialen Gürtel der damaligen Erde, die beiden großen Hauptgebirgshogen der laurasiatischen Kaledoniden, das britische und das sibirische System getürmt.**

Diese Auffassung der laurasiatischen Kaledoniden als primär äquatoriale Gebirge mag vielleicht zunächst etwas befremden, wenn wir die heutige Lage der kaledonischen Fragmente im einzelnen betrachten. Steht doch beispielsweise das skandinavisch-schottische Gebirge heute absolut nicht äquatorial gerichtet da. Aber wir dürfen zwei Dinge nicht vergessen. Nämlich, daß diese scheinbar quer stehenden Ketten nur verlorene Bruchstücke einer weit ausgedehnteren orogenetischen Einheit sind, und daß ferner seit der kaledonischen Orogenese eine ganze Flut der verschiedensten Ereignisse über die Erde gegangen ist. Wir wissen heute, daß unter dem Spiel der Polfluchtkräfte die verschiedensten Kontinente sowohl im herzynischen wie im alpinen Zyklus nicht nur verschoben, sondern auch weitgehend gedreht worden sind. Die alpine Orogenese und die Geschichte der herzynischen lehren uns solche Beispiele zur Genüge. Damit ist aber doch zu den allerverschiedensten Zeiten die Möglichkeit zur Annahme gegeben, daß eben das kaledonische Fragment Europas gar nicht mehr in der ursprünglichen Lage sich befindet, und dasselbe kann prinzipiell durch die späteren

herzynischen und alpinen Ereignisse vielfach aus seiner ursprünglichen Position abgedreht worden sein. Aber wenn wir anderseits die kaledonischen Gebirge der nördlichen Halbkugel zwischen Kanada, Skandinavien und Sibirien als geschlossenes Ganzes betrachten, so fügen auch die scheinbar „verlorenen“ Fragmente der Kaledoniden Europas sich auch heute noch in großen Zügen zu einer Zone zusammen, die von Kanada durch Europa bis Sibirien doch als Ganzes äquatorial verläuft. Wir vermögen in derselben mit aller Deutlichkeit zwei große Bogen zu unterscheiden, den westlichen kanadisch-schottisch-skandinavischen, und den östlichen sibirischen. Diese beiden Sektoren sind bestimmt als Ganzes von Norden gegen Süden, vom Pol zum Äquator hin bewegt. An der Front der beiden, noch getrennt nach Süden vorrückenden laurasiatischen Seitenblöcke, **Kanadas** im Westen, **Sibiriens** im Osten.

Zwischen diesen beiden südbewegten kaledonischen Sektoren aber sehen wir das kaledonische Gebirge in Skandinavien und am Jenissei, im Gebiete Rußlands, weit nach Norden zurückweichen und schiebt sich von Süden der russische Urblock ¹⁾ als trennende Masse zwischen die südbewegten Bogen ein. In durchaus ähnlicher Weise wie etwa das afrikanische Fragment Vorderindiens sich heute zwischen die iranischen und die burmanischen Bogen der „alpinen“ Gebirge einschiebt. Die kaledonische Front erscheint somit im europäischen Sektor zurückgehalten, gegenüber ihrem sonst so entschlossenen Vordringen im Westen und im Osten scharf eingedrückt. Sibirischer und kanadischer Block rücken schon hier, wie später bei der herzynischen und der alpinen Orogenese, aber noch getrennt, beidseits eines europäischen Zentralsektors weit gegen Süden hinab vor. Wir stehen somit auch hier, bei der kaledonischen Orogenese, vor einem ausgesprochenen Südwärtsdrängen der beiden laurasiatischen Flügelsektoren, während das Zentrum durch den fremden, primär südlichen russischen Urblock stark zurückgehalten wird. Auf jeden Fall aber sehen wir auch die kaledonischen Gebirge, soweit sie in größerem Zusammenhange bekannt sind, entstehen durch die Polflucht kontinentaler Blöcke: **Kanadischer und sibirischer Block rücken dabei beidseits der russischen Masse von Norden gegen Süden, während der russische Urblock zwischen diesen**

¹⁾ Dieser **russische Urblock** umfaßt neben der heutigen russischen Masse im Südwesten der Uraliden auch ganz Westsibirien und reicht vermutlich bis in den „alten Scheitel“ im Süden des Baikals und die Sinische Masse Chinas. In diesem russischen Urblock bildeten sich an der Front der sibirischen Kaledoniden schwache kaledonische Vorlandketten im heutigen Ural-Tianschansystem, längs welchen, schon gleich im Gefolge der kaledonischen Orogenese, diese große Stammmasse in ihre einzelnen Kompartimente, d. h. den heutigen russischen, westsibirischen und sinischen Block zerfiel (vergl. hierzu Fig. 41, S. 230).

beiden Segmenten von Süden her starken Widerstand leistet und auf solche Weise die kaledonischen Ketten des also werdenden Laurasias in zwei große Einzelsegmente sprengt.

So bildet sich Laurasia durch die aktiv gen Süden gerichtete Polflucht der beiden bisher getrennten Blöcke des kanadischen und des sibirischen Schildes, und den im Süden eine gegen Norden gerichtete Polflucht verratenden starken Widerstand des russischen Urblockes, dem sich im Osten des weiteren auch noch die gleichfalls primär südliche sinische Masse im weitesten Sinne anschließt.

In diesem Zusammenhang ist es nicht uninteressant, daß sowohl in Finmarken wie in Kanada und schließlich auch in Sibirien, an der Lenamündung, Spuren einer ausgedehnten, zur Hauptsache algonkischen Eiszeit in Form ausgesprochener „Tillitformationen“ seit langem bekannt sind. Diese uralten glazialen Bildungen zeigen deutlich, daß sowohl der kanadische wie der sibirische Block vor der kaledonischen Orogenese in weit höheren Breiten lagen als nach dem Abschluß derselben, wo wir zu Beginn der Oldredzeit überall die Ablagerungen der tropischen Wüste sich über die kaledonischen Rumpfflächen ausbreiten sehen. Eine deutliche Polflucht des kanadischen und des sibirischen Blockes ergibt sich daher auch aus diesen Gesichtspunkten heraus, und die Bewegung dieser uralten Massen vom Pol zum Äquator, die zu der Ausbildung der kaledonischen Hauptgebirge der Erde geführt hat, läßt sich damit auch an einer mächtigen Klimaverschiebung zwischen Algonkium und Devon in aller Klarheit erkennen.

Was trat nun aber weiter ein? Vor den beiden Flügeln Laurasias sehen wir nunmehr über riesige Strecken, durch das Vorrücken des sibirischen und des kanadischen Blockes gegen den Äquator, und ihr Zusammenprallen mit einem südlichen — heute nur mehr in seinen russischen und zentralasiatischen Fragmenten erhaltenen — Gegenkontinent entstanden, mächtige kaledonische Gebirge aufgestaut. Das spätere europäische Zentrum, d. h. das Gebiet zwischen Jenissei-Mündung und Skandinavien, zeigt gegenüber den westlichen und den östlichen Kaledoniden auf jeden Fall eine weit geringere Zusammenstauung, wenn überhaupt eine solche in größerem Maße stattgefunden hat. Wir haben daher im Osten und im Westen, in Sibirien und in Kanada, einen mächtigen Zusammenschub, der in der europäischen Mitte sozusagen fehlt, auf jeden Fall aber vollständig zurücktritt.

Was ist nun die logische Folge dieser Verteilung der kaledonischen Bewegungen?

In den beiden Flügeln Laurasias treten, durch die mächtige Zusammenstauung der beiden kaledonischen Hauptgebirge hervorgerufen, großartige und intensivste Gleichgewichtsstörungen auf, die im europäischen, d. h. in der Hauptsache russischen Zentrum

mit seiner schwachen oder unbedeutenden Faltung entweder fehlen oder doch ganz zurücktreten. Die subkrustalen, latentplastischen Massen, die durch die Übereinandertürmung des leichten Rindenmaterials zu den kaledonischen Gebirgen aus deren normalem Untergrund verdrängt worden sind, nehmen nun den Weg in den Rücken der schiebenden Blöcke, das heißt, sie drängen unter dem Nordkontinent nach Norden zurück. Es entwickelt sich damit unter den beiden laurasiatischen Flügeln, als den Hauptsektoren der großen kaledonischen Gebirge, ein mächtiger Abstrom der verdrängten subkrustalen Massen gegen den Nordpol hin, und die beiden laurasiatischen Flügel werden damit, infolge der Reibung an der Unterfläche der festen Schollen, einer intensiven Poldrift unterworfen. Als Reaktion auf die mächtige Türmung der kaledonischen Gebirge. Der mittlere Teil Laurasias aber, dessen subkrustales Gleichgewicht infolge fehlender Gebirgsbildung kaum stärker gestört worden ist, hat gar keinen Anlaß zu einer solchen subkrustalen Massenverlagerung, er entwickelt somit keine Poldrift, er bleibt gegenüber den beiden stark gestörten Flügelsektoren gewissermaßen stehen.

Es setzt somit im Anschluß an die Türmung der Kaledoniden der Nordhalbkugel an den beiden Enden Laurasias, in Sibirien und in Kanada, eine mächtige Abdrift der Massen gegen Norden, ein starker Polstrom ein; **die beiden Flügel Laurasias werden dadurch gegen die Pole zurückgebogen, während das kaledonisch wenig bewegte und daher in seinem Gleichgewicht nicht nennenswert gestörte europäische Zentrum gewissermaßen stehen bleibt.**

Das ist der Grund zu der seltsamen — durch die Faziesverhältnisse des Devons und Karbons, und später durch die merkwürdige, im Grunde genommen „abnormale“ stete Nordbewegung des europäischen Sektors immer wieder dokumentierten — Ausbauchung der herzynischen Geosynklinale im Gebiet des europäisch-afrikanischen Zentralsegmentes.

Dessen seitherige Sonderrolle im irdischen Bewegungsbild geht damit zurück auf das primär getrennte Vorgehen zweier nördlicher Einzelblöcke, des sibirischen im Osten, des kanadischen im Westen. Vor diesen beiden Blöcken bildeten sich die mächtigen kaledonischen Gebirge des sibirischen und des atlantisch-britischen Bogens; zwischen diesen beiden Elementen aber konnten sich keine Gebirge bilden, weil im Norden zwischen sibirischem und kanadischem Block kein schiebender Kontinentalkern vorhanden war. Durch diese Bewegungen wurden die drei Hauptzentren des heutigen Blockes Laurasia, d. h. die kanadische, die altrussische und die sibirische Masse längs der entstehenden Kaledoniden miteinander verschweißt. Aber während nun in den arg zusammengeschobenen östlichen und westlichen Sektoren

starke Polströmungen im Untergrund des kanadischen und des sibirischen Segmentes diese nunmehrigen laurasiatischen Flügel gegen Norden zurückzuziehen vermochten, blieben solche subkrustalen Gegenströmungen im zentralen Sektor Laurasias, im ursprünglichen Zwischenraum zwischen sibirischer und kanadischer Masse, also im europäisch-russischen Sektor aus, und Laurasia blieb somit hier gegenüber seinen von den Polströmen energisch nordbewegten Flügeln weit im Süden zurück. **In diesem Zentrum bleibt daher die Fazies der nun sich bildenden herzynischen Sedimente weiter tropisch**, vom Devon bis zum Karbon und Perm, während **in den beiden Flügeln**, in Sibirien und im westlichen Nordamerika, **die Fazies zwischen unterem Devon und oberem Karbon den tropischen Charakter verliert und sich mehr und mehr nördlichen borealen Einflüssen zugänglich zeigt**. Der Oldred ist noch tropisch, von Amerika durch Europa bis nach Sibirien, das Karbon hingegen zeigt deutlich die scharfe Differenzierung der beiden laurasiatischen Flügel gegenüber dem europäischen Zentrum.

Damit aber sehen wir, daß unsere Gesetze der Polflucht und des Polstroms auch souverän das vorherzynische Geschehen, den kaledonischen Zyklus vor allem, vom Devon zurück bis ins älteste Kambrium regieren. Die Türmung der kaledonischen Gebirge und die Herausbildung und so merkwürdige Differenzierung der herzynischen Geosynklinale hängen eben so innig mit großartigen Verschiebungen der Kontinentalschollen zusammen wie die Bildung der alpinen und der herzynischen Gebirge, oder die Herausarbeitung der alpinen Geosynklinale. Die Kräfte der Polflucht und der Polströme sind es, die auch dies weit zurückliegende vorherzynische Geschehen seit den Anfängen der geohistorischen Zeiten, vom Beginn des Paläozoikums an, ganz unumschränkt beherrschen.

Polflucht, von Norden und von Süden, im Osten und im Westen getrennt vorgehend, schuf die **Kaledoniden**. Polströme reißen dann den kaum vereinten kaledonischen Block längs bestimmten Schwächezonen wieder auseinander und führen zur Bildung und seitlichen Differenzierung der herzynischen Geosynklinale. Nach Einstellung des isostatischen Gleichgewichtes setzt die durch die Polströmungen nur zeitweise und vorübergehend überwältigte und zurückgedrängte Polflucht von neuem wieder ein und staut von Norden und von Süden, je nach der Lage der Blöcke im Raum, die herzynische Geosynklinale zu den **herzynischen Ketten** zusammen. Damit ist das Gleichgewicht der Massen neuerdings gestört, und abermals setzen mächtige Gegenströmungen ein, um die Kontinente zum zweiten Male gegen die Pole zurückzubringen. Diese Strömungen im

Gefolge der herzynischen Orogenese führen zur Bildung der alpinen Geosynklinale. In dem Momente nun, wo schließlich diese postherzynischen Massenströmungen infolge abermals erreichten isostatischen Gleichgewichtszustandes wieder abnehmen und schließlich erlöschen, da setzt zum dritten Mal die aktive Polflucht wieder ein und türmt die

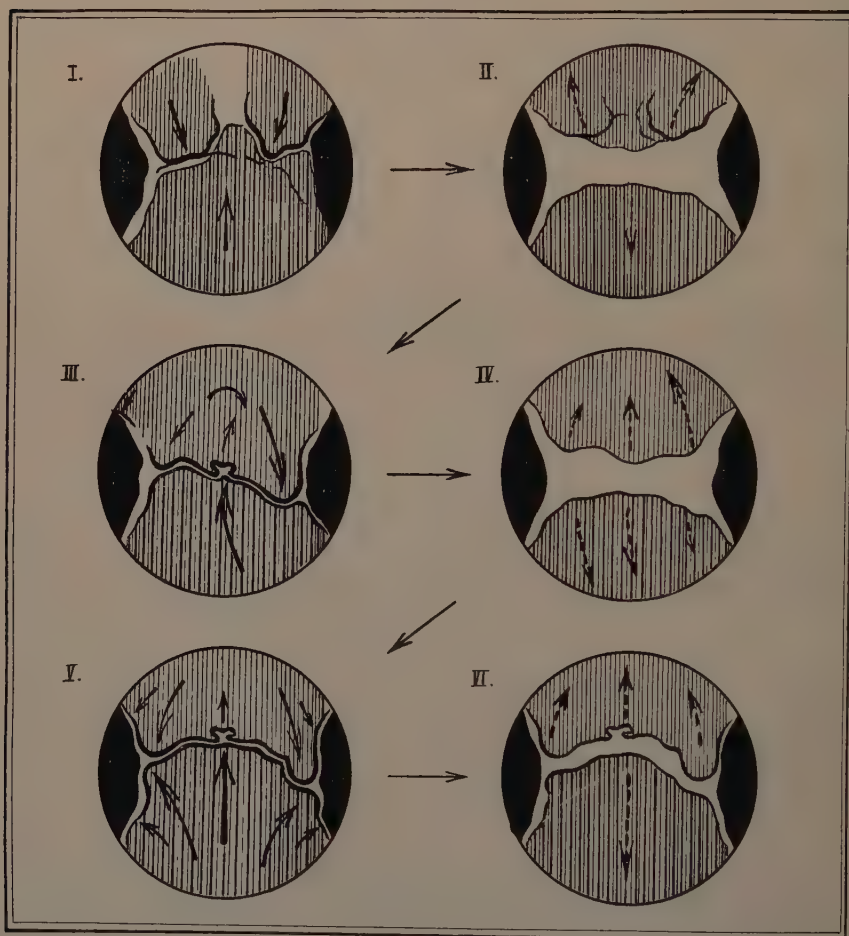


Fig. 42. Das Wechselspiel von Polflucht und Poldrift zwischen Kambrium und Jetztzeit.
(Nach R. STAUB, 1927.)

- | | | |
|-------------------------------|---|---------------------------|
| I. Kaledonische Polflucht | → | Kaledoniden |
| II. Postkaledonische Poldrift | → | Herzynische Geosynklinale |
| III. Herzynische Polflucht | → | Herzyniden |
| IV. Postherzynische Poldrift | → | Alpine Geosynklinale |
| V. Alpine Polflucht | → | Alpiden s. l. |
| VI. Postalpine Poldrift | → | Rezente Geosynklinale |

Leicht schraffiert = Nordkontinente
 Schwer " = Südkontinente
 Schwarz = Pazifische Masse
 Weiß = Geosynklinale und orogene Innenzonen.

alpinen Gebirge. Und wenn wir endlich im Hinterland der alpinen Gebirge Europas heute das Mittelmeer erneut aufreißen sehen, so wiederholt sich dabei nur zum dritten Mal der Vorgang der Poldrift, der nach jeder großen Orogenese als mächtige Reaktion des plastisch und latent magmatisch gebliebenen subkrustalen Untergrundes, gewissermaßen als eine „Protestaktion“ gegen die erlittene Vergewaltigung durch die Polflucht, ganz naturnotwendig einsetzt.

So regieren Polflucht und Poldrift die Geschichte der Erde von den ältesten paläozoischen Zeiten bis zum heutigen Tag.

Damit scheint das einfache Bild, das uns die Verfolgung der alpinen Leitlinien der Erde zunächst rein empirisch vorführte, von allgemeiner Gültigkeit. Die großen Gesetze, die die alpinen Linien unseres Planeten uns enthüllten, gelten weit zurück bis in früheste Zeiten, so weit, als wir überhaupt nähere stratigraphische Anhaltspunkte für die Geschichte der Erde besitzen. Eine lange, oft mühevoll und beschwerliche, durch ihre gewaltigen Eindrücke aber herrliche Reise liegt hinter uns. Über die ganze Erde und weit zurück in die Flut der Zeiten hat sie uns geführt. Verwirrend fast erschien uns dabei zunächst die unerhörte Mannigfaltigkeit, der Reichtum der Züge im Antlitz unseres Erdensterns, und undurchdringlich das Dunkel der Zeiten, ungelöst das Problem des Werdens der heutigen Formen. Und doch wird schließlich alles klar und gelöst, und große, nur ganz einfache Naturgesetze haben im steten Wechsel der Zeiten dies ungeheuer verwickelte Bauwerk geschaffen. Ganze Kontinente und ganze Kontinentenblöcke haben sich verschoben, das einmal hierhin, das andere mal dorthin, auf Fronten von Zehntausenden von Kilometern, vom einen Ende der Erde zum anderen, aber stets nach großen Gesetzen. Gebirge wurden getürmt, geschleift, auseinandergezerrt und versenkt, und abermals zu Gebirgen zusammengestoßen, im ewigen Kreislauf der Zeit, von der Abtrennung des Mondes bis zum heutigen Tag, aber stets nach denselben Gesetzen. Und wenn wir heute zurückblicken, so sehen wir, wie einfach alles im Grunde genommen ist; es gibt kein Chaos und keine Gesetzlosigkeit auf Erden.

Betrachten wir nun noch einmal die Hauptresultate unserer Studie im Zusammenhang, lassen wir dieselben noch einmal kurz an uns vorüberziehen in einer kurzen Zusammenfassung.

Zusammenfassung

Wir gliedern diese Rekapitulation am besten in die Ergebnisse der Analyse der irdischen Gebirge, in erster Linie die Resultate der Analyse des alpinen Systems der Erde, und in die Übersicht über die Ursachen der Gebirgsbildung und den irdischen Bewegungsmechanismus überhaupt.

Die Resultate unserer **Analyse der irdischen Gebirge** sind etwa folgende:

1. Die alpinen Gebirge der Erde bilden ein absolut einheitliches System. Es gibt keine andinen und mediterranen, keine ostasiatischen und australischen Sonderkomplexe, sondern alle alpinen Ketten der Erde bilden eine einzige große Einheit. In zeitlicher und räumlicher Beziehung. Das ist das „alpine System der Erde“.

2. Das zentrale Segment des ganzen Systems bilden die mediterranen Ketten der Erde zwischen Antillen und Bandasee. Im Norden begleitet von Laurasia, im Süden von Gondwana. Das Aufeinander-rücken dieser zwei Grundkontinente der Erde hat in frontalem Zusammenstoß die mediterranen Ketten geschaffen.

3. Die amerikanischen, ostasiatischen und australischen Gebirge sind nur seitliche Ausläufer der mediterranen Kettenschar, des großen alpinen Zentralsegmentes, entstanden an den beiden Flanken der gegeneinanderrückenden Kontinentalmassen. Und zwar entsprechen von diesen alpinen „Flankengebirgen“ die australischen und die südamerikanischen Ketten den südlicheren Teilelementen des mediterranen Zentralsystems, die Gebirge Nordamerikas und Ostasiens den nördlichen Gliedern desselben.

4. Die mediterranen Ketten der Erde öffnen sich an den beiden Flanken der großen Kontinentalblöcke Gondwanas und Laurasias vor dem Pazifischen Ozean in ihre Einzeläste, den nord- und den südamerikanischen im Westen, den ostasiatischen und den australischen im Osten. Dabei macht sich in diesen Flankengebirgen mit zunehmender Entfernung vom mediterranen Zentralsystem mehr und mehr eine allgemeine Rückfaltung auf die schiebenden Blöcke geltend.

5. Die alpinen Ketten umschmiegen in ihrer Gesamtheit den Pazifischen Ozean, und die letzten erlöschenden Ausläufer des mediterranen Zentralsystems erreichen im Norden und im Süden desselben die Polarkreise.

6. Der Boden des Pazifik beherbergt eine gewaltige, steife Masse, die als starrer Widerstand auf die von Westen und von Osten herbeiziehenden Ketten wirkt, und dieselben zum Umfließen des Ozeans zwingt.

7. Diese ganze Verteilung der alpinen Gebirge der Erde geht im Grundprinzip zurück auf das Gegeneinanderrücken der beiden

großen irdischen Grundkontinente Laurasia und Gondwana, und deren seitliche Einspannung durch den Widerstand des Pazifik.

8. Als modifizierendes Detail tritt hierzu eine im Grunde genommen bescheidene Westdrift des ganzen Systems, welche Gondwana, Laurasia und das zwischenliegende alpine Orogen in ihrer Gesamtheit langsam gen Westen treibt.

9. Im Zusammenhang mit der alpinen Gebirgsbildung der Erde stehen schließlich auch mächtige radiale, in der Hauptsache meridional verlaufende Deformationen der Kontinentalmassen, die bei all diesen großen Bewegungen eben zerreißen und zersplittern und so zu ozeanischen Einbrüchen und mächtigen vulkanischen Ausbrüchen führen. Dabei kommt es längs diesen Sprüngen und Rissen der Kontinente, d. h. längs den großen jungen Bruchsystemen der starren kontinentalen Schollen, in der Hauptsache zur Bildung ganz anderer Eruptivgesteinsprovinzen als im eigentlichen Orogen. Der reine Faltungsgürtel der Orogene führt zur Hauptsache **pazifische** Gesteinsreihen, die Vor- und Rückländer hingegen sowie die Zwischengebirge beherbergen überwiegend **atlantische** Magmensippen.

Dem Grund zu diesem eigenartigen, zwischen Orogen und starren Schollen bestehenden, und vor allem dank den prachtvollen vergleichenden Untersuchungen von NIGGLI in immer größerer Klarheit offenbaren Gegensatz in der magmatischen Differenziation, d. h. den tieferen Ursachen, warum es in den orogenen Gürteln der Erde zur Bildung mehr pazifischer Typen kam, während die atlantische Sippe streng auf die tektonisch jeweiligen starren Schollen der Vor- und Rückländer oder der Zwischengebirge lokalisiert ist, soll im folgenden noch etwas näher nachgespürt werden.

In den orogenen Gürteln der Erde erkennen wir stets zwei große Phasen magmatischer Tätigkeit, eine geosynklinale mit der Förderung der relativ alkalireichen schwach-atlantischen Ophiolithe, und eine posttektonische, die die pazifischen Gesteine der großen Granodioritstämme samt deren Ergußgesteinen fördert. In den starren Schollen jedoch fehlen infolge der viel größeren Sockelmächtigkeit der Kontinente die mechanischen Bedingungen für eine solche leicht auslösbare ophiolithische Vorphase — größere Zerreißen vielleicht ausgenommen —, und die gesamte Magmenförderung in den kontinentalen Sockeln vollzieht sich in einer einzigen, allerdings in sich weiter gegliederten magmatischen Phase, die ziemlich ausschließlich atlantischen Charakter zeigt. In den orogenen Gürteln scheidet sich somit in einem frühen Stadium der Orogenese ein relativ alkalireicher Bestandteil der magmatischen Zone in Form der schwach-atlantischen Ophiolithe ab, in den starren Schollen hin-

gegen findet diese ophiolithische Ausscheidung aus dem weiteren Differenzierungsverlauf nicht statt. Die magmatischen Bezirke unter den starren Schollen sind damit naturgemäß, eben indem sie die in den Geosynklinalen zu den Ophiolithen abgeschiedene Fraktion noch mit-enthalten, etwas alkalireicher als die unter dem Orogen zurückgebliebene gewissermaßen „entophiolithisierte“ Magmenzone; d. h. das im orogenen Gürtel posttektonisch zur Intrusion und Erstarrung gelangende Magma ist nur ein Restmagma, während unter den starren Schollen der kontinentalen Blöcke das durch keine ophiolithische Abscheidung veränderte primäre und ungeteilte Stammagma der Tiefen zur weiteren Differenzierung gelangt. Unter den starren Schollen ist keine ophiolithische Fraktion durch vorzeitige Intrusion und Erstarrung aus dem weiteren natürlichen Differenzierungsverlauf ausgeschieden, im orogenen Gürtel jedoch **fehlt** im weiteren Verlauf der Differenziation eine wichtige, primär ebenfalls vorhanden gewesene, aber vorzeitig abintrudierte und zu den geosynklinalen, relativ alkalireichen Ophiolithen erstarrte Fraktion. Die Zusammensetzung des irdischen Tiefenmagmas wird daher im Verlauf einer Orogenese naturgemäß, infolge der ophiolithischen Abwanderungen in den Untergrund und die Sedimente der Geosynklinale, in Vorland und orogener Zone eine ganz verschiedene, und der die schwach atlantische, relativ alkalireiche „ophiolithische Fraktion“ noch in Lösung mitenthaltende magmatische Untergrund der starren kontinentalen Schollen weist daher ganz logischerweise eine bedeutend alkalreichere Zusammensetzung auf als das „entophiolithisierte“ Restmagma unter den werdenden Gebirgen. Dieses Restmagma liefert in der Folge durch weitere Differenziation die posttektonischen pazifischen Gesteinsserien der Orogene, während im Bereich der starren Schollen die durch Spaltung aus dem unveränderten und ungeteilten irdischen Muttermagma hervorgehenden atlantischen Sippen empor-
dringen.

Dieser enge Zusammenhang der Herausbildung der beiden großen Eruptivgesteinsprovinzen der Erde, der pazifischen und der atlantischen Gesteine, mit der Abwanderung der Ophiolithe in die geosynklinalen Zonen scheint durch eine Reihe von Tatsachen recht gut gestützt. Die atlantischen Gesteine stellen sich überall dort ein, wo keine ausgedehnte ophiolithische Abfuhr und Erstarrung eingetreten ist. Das ist in erster Linie der Fall unter den dicken Vor- und Rücklandsockeln; das ist aber auch der Fall in den zu einem orogenen Gürtel gehörigen, nichtgeosynklinalen und daher ophiolithfreien Vor- und Rücklandketten, und endlich in den starren, jedem Orogen von Zeit zu Zeit einverleibten Zwischengebirgen (Pannonische Senke, Gesteine der Kanaren, Kapverden, Azoren usw.).

Die pazifischen Gesteine hingegen sind auf die eigentlichen Geosynklinalzonen beschränkt, in denen zu Beginn der Orogenese bereits eine schwachatlantische, d. h. ophiolithische Abwanderung stattgefunden hat.

Es wird selbstverständlich versucht werden müssen, diese offenbaren Gesetzmäßigkeiten noch einer eingehenden Prüfung an Hand eines einwandfreien und ausgedehnten Analysenmaterials zu unterwerfen. Was aber bereits hier einmal vorderhand festgehalten zu werden verdient und in erster Linie der modernen Petrographie zu weiterer Diskussion unterbreitet werden soll, ist etwa folgender Zusammenhang:

Das **ophiolithische Stammagma** der Geosynklinalen kann als schwach differenziertes irdisches **Muttermagma** betrachtet werden. In den **Geosynklinalen** erstarrt der obere, schon schwach saurere und daher auch etwas alkalireichere Teil desselben zu den Ophiolithen und bleibt in der Tiefe, als Restlösung mit relativ geringerem Alkaligehalt, das pazifische Magma zurück, das sich weiter in die pazifischen Gesteinsreihen der posttektonischen Eruptiva der orogenen Zonen differenziert. In den **starren Schollen** unterbleibt die Abwanderung eines schon schwach differenzierten ophiolithischen Magmentails und differenziert sich das ursprüngliche und ungeteilte **ophiolithoide Muttermagma** ungestört weiter zu den atlantischen Gesteinen der Vor- und Rückländer und der Zwischengebirge. Die „atlantische“ Sippe entsteht durch weitere ungestörte Differenziation des ungeteilten ophiolithischen Stammagmas, die „pazifische“ Sippe hingegen bildet sich aus einem nach der Erstarrung der schwach differenzierten Ophiolithe unter den Geosynklinalen zurückgebliebenen, schon primär alkaliärmeren Rest des ursprünglichen Muttermagmas. Die primäre Differenziation einer ophiolithischen Ober- von einer pazifischen Unterschicht, die in den starren Schollen unterblieb, geht dabei neben anderem zurück auf die vermehrte Abkühlung unter der dünnen Haut der Geosynklinale.

Auf diese Weise scheint die Verteilung der pazifischen und atlantischen Gesteinsserien der Erde zurückzugehen auf das Vorhandensein oder das Fehlen von Geosynklinalen. In den Geosynklinalen kommt es zur Abspaltung einer ophiolithischen Provinz und hernach zur Bildung pazifischer Serien; in den starren Schollen differenziert sich das **ganze primär ophiolithoide irdische Muttermagma** zu den atlantischen Gesteinen. Das Rätsel in der Verteilung der atlantischen und der pazifischen Eruptivgesteinsprovinzen scheint damit vom tektonischen Standpunkt aus im Prinzip gelöst.

Mit dieser allgemeinen Erkenntnis kehren wir wieder zurück zu den Resultaten unserer Analyse der irdischen Gebirge und notieren weiter als wichtigste Hauptergebnisse derselben:

1. Das alpine System der Erde wäre undenkbar ohne die große **Beweglichkeit** der an sich starren **kontinentalen Schollen** gegenüber den plastischen tieferen Erdzonen und der starren Masse des Pazifik.

2. Im besonderen aber kann durch bloße Kontraktion der Erde im Sinne der klassischen Geologie HEIMS und SUESSs das bestehende Bild der alpinen Gebirge der Erde, sowie vor allem auch die großartigen Erscheinungen der Fazies in ihrer Verteilung nach Raum und Zeit **niemals** erklärt werden.

3. Die älteren Gebirgszüge der Erde, d. h. die herzynischen und kaledonischen Systeme, zeigen dieselben Gesetzmäßigkeiten und dieselbe Entstehungsart wie der alpine Bau. Auch sie gehen auf die Zusammenpressung schwächerer geosynklinaler Zonen durch gegeneinander vorrückende Kontinentalblöcke zurück, und die Erkenntnis der Entstehung der alpinen Gebirge wird daher von allgemeiner Bedeutung für das Verständnis des irdischen Bewegungsmechanismus überhaupt.

Jede irdische Gebirgsbildung geht damit, soweit wir anhand sicherer Daten überhaupt zurückgehen können, auf den einen großen Grundfaktor zurück, der die alpine Gebirgsbildung der Erde beherrscht, nämlich das Aufeinanderrücken eines Nord- und eines Südkontinentes im starren Rahmen eines pazifischen Seitenlagers. Die Westdrift modifiziert das auf diese Weise entstehende Bild, aber sie ist niemals von entscheidender Bedeutung für die große Gesamtanordnung der Ketten.

Damit zerfallen die **Ursachen der irdischen Gebirgsbildung** in zwei Hauptkategorien: die Ursachen der Bewegung der Kontinente, und die Ursachen des pazifischen Widerstandes. In bezug auf die **Bewegungen der Kontinente** schält sich klar folgendes heraus:

1. Bei allen noch so großen lokalen Abweichungen rücken doch primär stets die beiden Grundkontinente der Erde gegeneinander vor. Gondwana von Süden, Laurasia von Norden.

2. Wir erkennen damit als die Ursache der gebirgetürmenden Bewegung der Kontinente klar die **Polflucht** derselben.

3. Diese Polflucht richtet sich infolge ihrer zentrifugalen Fundamentalkomponente deutlich nach der zu Beginn der betreffenden Orogenese bestehenden Ausgangslage und der Masse der ins Spiel tretenden Kontinentalblöcke, sie wechselt daher stets von Ort zu Ort in ihrer Intensität.

4. Darum kann derselbe Kontinent, der im Osten wie im Westen gegen Süden vorrückt, in der Mitte durch die stärkere Polflucht seines

Gegenblockes sogar nach Norden gestoßen werden. Das ist der berühmte, bis auf kaledonische Ursachen zurückgehende Fall Europas.

5. Die Kontinentalblöcke erfahren auf solche Weise große Drehungen, die ihrerseits wiederum zu weiteren Komplikationen in deren Flanken führen müssen.

6. Die Polfluchtkraft erschöpft sich mit der Türmung eines zur Hauptsache immer äquatorial gelegenen Gebirgssystems zwischen den beiden Grundkontinenten der Erde, und sie wird dabei nun gewissermaßen automatisch abgelöst durch eine andere Kräftegruppe, die ausgeht von den mächtigen, anlässlich der Gebirgsbildung im tieferen Untergrund der Orogene und der Kontinente entstandenen subkrustalen Gleichgewichtsstörungen.

7. Diese Gegenkraft ist die sog. Polströmung oder der „**Polstrom**“ der subkrustalen Massen, der die festen Schollen der Kontinente auf seinem Rücken mit sich reißt und damit eine neuerliche Bewegung der Kontinente gegen die Pole, eine allgemeine „**Poldrift**“ derselben auslöst.

8. Der „**Polstrom**“ entsteht, indem die bei der Kontinentalwanderung und der Gebirgstürmung zur Tiefe gedrängte latentplastisch-magmatische Zone unter der festen Kruste nach jenen Stellen hin strömt, wo in erster Linie Druckentlastung stattgefunden hat, d. h. in die von den Kontinenten soeben verlassenen, polwärts derselben gelegenen Gebiete.

9. Dieser „**Polstrom**“ wirkt solange, bis ein Gleichgewicht der subkrustalen Massen neu hergestellt ist, und er wirkt naturgemäß umso leichter, als die zentrifugale Komponente der Polflucht in den niederen Breiten, wo in den meisten Fällen die polflüchtigen Kontinente sich begegnen und wo somit die großen Gebirgssysteme entstehen, nur mehr sehr gering, ja in vielen Fällen infolge Überschreitung des Äquators überhaupt schon negativ geworden ist.

10. Durch das seitliche Abfließen der subkrustalen Massen vom Gebirgsstrang nach den Polen hin entsteht in der Zone unter dem Gebirge bald ein gewisses Defizit an Material, und schwach gefaltet gebliebene Stellen desselben, im besonderen die älteren Zwischengebirge, sinken nieder, verlieren durch teilweise Aufschmelzung an Mächtigkeit, erlangen dadurch und infolge der dabei gleichzeitig auch einsetzenden Durchdringung mit magmatischen Gasen und Lösungen einen höheren Grad von Plastizität und lassen sich nun durch den im Gange befindlichen Polzug der Kontinente dehnen, bis eine neue Geosynklinale oder gar eine Reihe von solchen neu entstanden ist.

11. Gegen diese neue werdende Geosynklinale hin entwickelt sich nun aber in der Folge, mit zunehmender Dehnung derselben, vom überlasteten Kontinent her bald ein starker Gegenstrom subkrustaler Massen, der sog. **Geosynkinalstrom**.

12. Dieser Geosynklinalstrom gewinnt mit zunehmender Dehnung der Geosynklinale an Stärke, und es wird nun ein Moment eintreten, wo sich Polstrom und Geosynklinalstrom gewissermaßen die Wage halten und die Bewegung der Kontinente gewissermaßen auf einem „toten Punkt“ bestehenden Gleichgewichtes zu stocken droht. Die ständig vorhandene zentrifugale Komponente der Polflucht aber überwindet diesen kritischen Stillstand des tektonischen Geschehens, und nun setzt von neuem die Polfluchtbewegung der irdischen Massen ein. Und da übernimmt nun abermals der Geosynklinalstrom eine sehr aktive Rolle, indem er die aus der Rotation der Erde entspringenden zentrifugalen Kräfte der Polflucht in ihrer Aufgabe, die Kontinente an den Äquator zurückzuschieben, ganz enorm unterstützt.

13. Polflucht und Poldrift lösen so aneinander in stetem Wechsel des Geschehens ab. Sie beide gehen zurück auf das Schwimmen mächtiger, tektonisch längst erstarrter fester Gesteinsschollen, der Kontinente, in einer plastischen, zu freien Strömungen fähigen magmatischen Unterlage.

14. In diese magmatische Unterlage sind die Kontinente nach der Art schwimmender Eisberge tief eingesenkt, während in den Geosynklinalen die magmatische Zone schon sehr rasch unter der festen Rinde folgt.

15. Die Kontinente vermögen somit als relativ starre und durch ältere Faltungen stark verdickte Schollen unter dem Einfluß der Polfluchtkräfte die viel dünnere Haut der Geosynklinalen mit einer gewissen Leichtigkeit zusammenzuschieben und damit dieselben zu den großen Gebirgssystemen zusammenzustauen.

Im Sinne dieser weitgehenden Beweglichkeit der Kontinente auf und in einer plastischen Unterlage besteht somit die revolutionierende Anschauung WEGENERS ohne Einschränkung zu Recht. Daneben aber gelangen wir gerade mit der Anwendung der WEGENERSchen Grundidee der Kontinentalverschiebungen auf Grund einer genaueren tektonischen Analyse des Baues der Erde zu einem ganz anderen Bewegungsbild der Erde als WEGENER. Zu einem Weltbilde, das vor allem, auch im Gegensatz zu ARGANDS Synthese, die große Abspaltung der beiden Amerika von der Alten Welt nicht kennt.

Nicht Polflucht und Westdrift regieren die Schicksale unserer Erde, sondern vor allem **Polflucht und Poldrift**. Eine bedeutende Westdrift ist infolge des pazifischen Widerstandes gar nicht möglich, und so bleibt als großer Unterschied gegenüber den Auffassungen von WEGENER und ARGAND die Beschränkung der irdischen Bewegungen auf ein Hin und Her in meridionaler Richtung. **Die Kontinente bewegen sich von den Polen zum Äquator, und vom Äquator zu den Polen.**

Betrachten wir diesen **Wechselmechanismus der Erde** noch einmal näher.

Die Polflucht schafft durch Gegeneinanderrücken der Kontinente die Gebirge der Erde. Durch diesen Vorgang wird in der primär zwischen die Kontinente eingeschalteten Geosynklinale, — sowohl durch das Heranrücken der beidseitigen Kontinente wie durch den eigentlichen dadurch bewirkten Zusammenschub der Geosynkinalhaut zu einem Wulste leichter Rindenteile im Gebirge, — die anfänglich in normaler Stellung unter der Geosynkinalhaut sich befindliche magmatische Zone schwerer Massen verdrängt, dieselbe strömt in der Richtung vom Gebirgsstrang weg und drängt als Polstrom gegen die Pole. Die Kontinente werden durch diesen Polstrom mitgerissen, sie wandern mit der Poldrift gegen die Pole zurück. Polstrom und Poldrift schaffen dann durch Einsenken und Dehnen der festen Kruste vor, in und hinter dem alten Gebirge mit der Zeit neue Geosynklinale. Dabei entsteht im Untergrund der Kontinentalblöcke bald eine subkrustale Gegenströmung gegen die Geosynklinale hin, der Geosynkinalstrom. Die Kontinente werden nun durch die Kräfte der Polströmungen solange gegen die Pole zurückgedriftet, die werdenden Geosynklinale solange gedehnt, bis in einem gewissen Momente Polstrom und Geosynkinalstrom in gleicher Stärke sich die Wage halten. Dann beginnt mit dem gewissermaßen neutralen Einsatz der auf die Erdrotation zurückgehenden zentrifugalen Kräfte die Polflucht der Kontinente von neuem, die starren Blöcke werden abermals in unwiderstehlichem Zwange aufeinandergehetzt, und das Spiel des Zusammenschubes der Geosynklinale setzt mit frischen Kräften wieder ein: ein neuer orogenetischer Zyklus hat damit begonnen.

Dieses Wechselspiel der die irdischen Massen in Bewegung setzenden Kräfte der Polflucht und der Poldrift läßt sich bisher dreimal im Laufe der Erdgeschichte sicher erkennen. Polflucht führt einen nördlichen kanadischen und einen sibirischen Block auf getrennten Fronten in der Nähe des Äquators mit einer von Süden anrückenden urgondwanischen Masse zum kaledonischen Gebirgssystem zusammen; ein mächtig einsetzender Polstrom aber reißt diesen kaum vereinten Block an schwachen Stellen sofort zur herzynischen Geosynklinale auseinander. Dabei bleibt ein stark zwischen die kaledonischen Ketten eingeklemmtes Fragment des südlichen urgondwanischen Blockes beim Nordkontinent, dem nunmehrigen Laurasia, hangen, das ist die russische Masse. Dieselbe löst sich an der Schwächezone der mitteleuropäischen und zentralasiatischen Kaledonidenketten von ihrem eigentlichen südlichen, gondwanischen Stammblock ab. Auf ähnliche Weise bleibt das primär südlich beheimatete Fragment der sinischen Masse Ostasiens von nun an beim laurasiatischen Kontinent¹⁾. Sobald nun aber infolge der Bildung

¹⁾ Dieser primär gondwanische Charakter der russischen Masse wird ausgezeichnet illustriert durch die auffälligen Analogien in der Gliederung des

der herzynischen Geosynklinale und der damit verbundenen erneuten größeren Annäherung der Kontinente an die Pole das Gleichgewicht der subkrustalen Massen wiederum erreicht ist, stößt die normale Polflucht die Kontinente der Erde zum zweiten Male gegeneinander. Die Folge dieser zweiten Polflucht der irdischen Geschichte ist die Auspressung der postkaledonisch geschaffenen herzynischen Geosynklinale zum System der herzynischen Gebirge. Nach deren Türmung setzt abermals der Polstrom ein und treibt die Kontinente erneut gegen die Pole zurück, und zwischen denselben öffnet sich nun die alpine Geosynklinale. Dabei bleiben abermals gondwanische Fragmente beim nördlichen Block, so vor allem die böhmische Rücklandscholle Korsikas, Frankreichs, Deutschlands und Böhmens. Sobald aber die Kontinente wiederum weit genug vom Äquator entfernt und die Massenstörungen im Untergrunde als die letzten Nachwehen des herzynischen Geschehens wiederum ausgeglichen sind, kommt die Polflucht zum dritten Mal energisch zur Geltung und schiebt die postherzynisch geschaffene alpine Geosynklinale zum alpinen System der Erde zusammen. Und in der Öffnung des Mittelmeeres und ähnlicher Becken erkennen wir bereits die Wirkung der neuen postalpinen Massenströmungen, die die Kontinente auch heute wieder gegen die Pole zurückzutreiben gedenken. Dabei sind gondwanische Fragmente abermals beim nördlichen Festlandsblock geblieben, besonders in Indien, Arabien und vielleicht in den Alpen.

Mit diesen Resultaten ist endlich auch eine Erklärung gegeben für die bisher stets merkwürdig anmutende Tatsache, daß die gebirgsbildenden Kräfte sich nicht ständig, sondern nur in gewissen, scharf umgrenzten **Zyklen** äußern. Die großen Paroxysmen der irdischen Orogenesen fallen eben nur in die ganz bestimmten Zeit-

finnischen und des indischen Praecambriums. Eine einfache Gegenüberstellung schon weist frappante Übereinstimmung auf.

Indien			Baltischer Schild		
Purana-group	Vindhyan-system	Diskordanz	Jotnischer Sandstein	Algonkium	
	Cuddapahsystem		Bottnisch-Kalevisch-Jatulische Formation		
Große Diskordanz					
Vedic-group	Postdharware Intrusionen	Diskordanz	Postladogische Intrusionen	Archai-kum	
	Dharwarsystem		Ladogaformation		
	Prädhawarsystem		Katarchäische Gneise		

Daneben wird auch die Zugehörigkeit der indischen Charnockite zur Familie der nordischen Rapakivapanite, auf die NIGGLI hinwies, bemerkenswert.

punkte, in denen die sich verschiebenden Kontinente gerade aufeinander prallen. Ist dieser Zusammenprall aber vorüber, so setzen, zum Ausgleich der gewaltigen, durch die Gebirgsbildung eben verursachten Massenstörungen im Untergrunde die subkrustalen Strömungen gegen die Pole, die Polströme, ein, um zunächst in langer und mühevoller Arbeit die oft enorm ineinander verwickelten und aufs

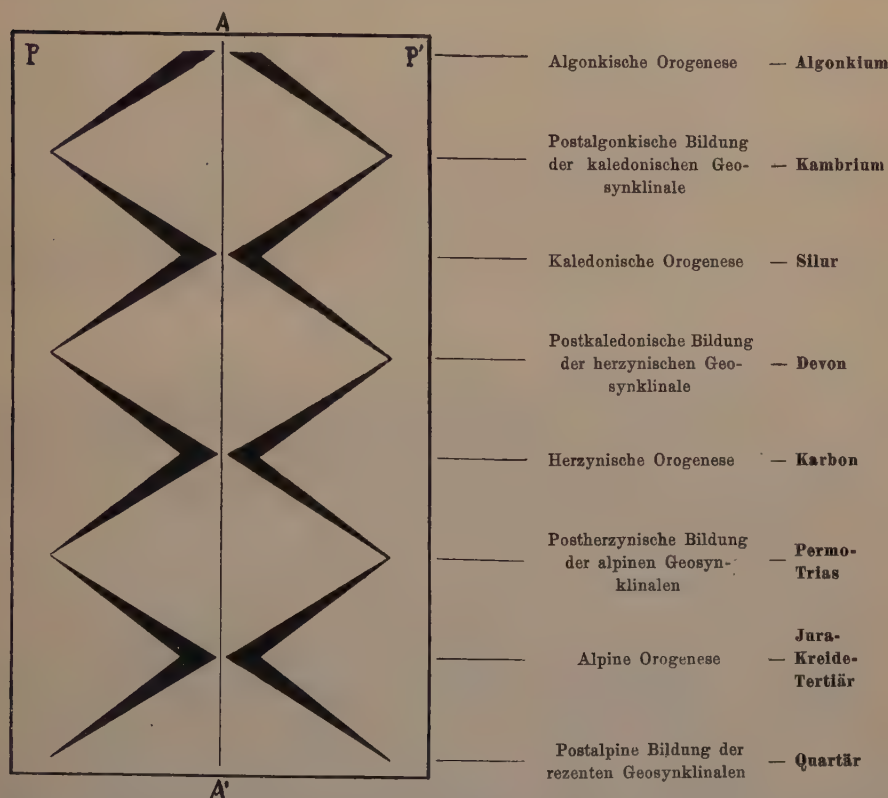


Fig. 43. Diagramm des irdischen Bewegungsrhythmus zwischen Algonkium und Quartär.

Die Kurve veranschaulicht die Bewegung der Kontinente von den Polen zum Äquator und umgekehrt.

A—A' = Äquator. P und P' = Pole.

engste miteinander verschweißten Kontinente wieder voneinander zu lösen und parallel mit dem Aufreißen einer neuen Geosynklinale gegen die Pole zurückzutreiben. Erst wenn durch diese Strömungen im plastischen Untergrunde der Erdkruste das innere Gleichgewicht der Erdrinde wieder hergestellt ist, und die Kräfte der Polflucht die erlahmenden Polströme wieder übertreffen, setzen die Kontinente zu neuer Bewegung gegeneinander an, die abermals erst nach langen Zeiten mit einem erneuten Zusammenprall, d. h. einem erneuten Paroxysmus, einer neuen Gebirgstörung endet. So wird es klar, daß diese

Paroxysmen stets durch lange sog. orogenetische Ruhepausen voneinander getrennt sind, während denen die gebirgsbildenden Kräfte der Polflucht infolge der Reaktion der Polströmungen vorübergehend ruhen, um erst nach dem Abflauen dieser Reaktion erneut wieder einzusetzen.

Eine prinzipielle Frage sei hier noch kurz erörtert. Gemeinhin wird die Bildung einer Geosynklinale als der Beginn eines orogenetischen Zyklus dargestellt, es ist die klassische Auffassung vom Werden der Gebirge aus dem Meere. Aber wir können uns fragen, ob nicht vielmehr die Bildung einer Geosynklinale nur als die letzte Folge und letzte Phase eines orogenetischen Zyklus betrachtet werden sollte. Was ist der Ausgangspunkt, welches die primäre Bewegung? Die Polflucht. Sie schiebt primär zwei weit entfernte Kontinente gegen den Äquator zusammen, sie türmt somit das Gebirge. Als Konsequenz dieses Vorganges, als rein sekundäre Folge dieser Bewegung aber treten die Massenstörungen im Untergrund der Kontinente und Gebirge ein, die ihrerseits erst die Bildung einer neuen Geosynklinale bedingen.

Wir sollten somit im Grunde genommen den Vorgang der Gebirgsbildung resp. einen orogenetischen Zyklus und damit die großen Zyklen der Erdgeschichte überhaupt, in folgende drei Phasen zergliedern:

1. Die **Annäherung der Kontinente** unter dem Einfluß der Polfluchtkräfte.

2. Die **Türmung der eigentlichen Gebirge** durch den Zusammenprall der Kontinente.

3. Die **Zerreißung des dadurch gebildeten Blockes** zu einer neuen **Geosynklinale** unter dem Einfluß der durch die beiden ersten Vorgänge hervorgerufenen Massenströmungen im magmatischen Untergrund, im besonderen durch die Poldrift der Kontinente.

Die erste Phase ist die der Zusammendrängung und Differenzierung der durch die vergangene, nchstfrhere Orogenese schon geschaffenen Geosynklinale. Die zweite ist die Phase der Paroxysmen, die dritte der Zerfall des Orogens mit der Bildung einer neuen, für das nächste Gebirgssystem bestimmten Geosynklinale.

Jedes Gebirgssystem schafft so seinem Nachfolger ganz automatisch noch den Ablagerungsraum für seine Sedimente; es ist, als wollte die Natur die durch eine Gebirgsbildung angestellte Unordnung der Dinge wieder gutzumachen versuchen.

Der Beginn einer Orogenese setzt somit folgerichtig gar nicht ein mit der „Bildung“ einer Geosynklinale, sondern erst mit deren beginnender Zusammenpressung durch das erneute Vorrücken der beidseitigen Kontinente. Die weitere Modifikation einer solchen, von der früheren letztvergangenen Orogenese noch geschaffenen Geosyn-

klinale, deren nähere Organisation und weitere Ausgestaltung, **das ist der wahre Beginn eines orogenetischen Zyklus.** Es ist deshalb zweideutig, von „geosynklinalen Phasen“ zu reden, da sowohl der Beginn wie der Schluß einer Orogenese in Tat und Wahrheit geosynklinale Phasen besitzt. Besser bezeichnet man diese ersten Phasen einer Orogenese als die embryonalen, die letzten hingegen als Schlußphasen oder Nachphasen. Dazwischen hinein fallen die Paroxysmen. Noch einfacher wäre es, von positiven oder **konstruktiven** und negativen oder **destruktiven** Phasen einer Orogenese zu sprechen, und unter den ersteren die **zusammenstoßenden** kompressiven Effekte der Polflucht, also Embryonalphasen und Paroxysmen, unter den letzteren aber die **zerrenden**, disjunktiven Erscheinungen der Poldrift zu verstehen. Doch das sind reine Nomenklaturfragen, die gegenüber dem Kern der Sache nur wenig interessieren.

Hingegen mag für einen Augenblick noch bei der **Polflucht der Kontinente** verweilt werden. Wir haben bisher meist allgemein von einer „Polflucht“ der irdischen Massen gesprochen, ohne direkt näher nach deren Ursachen zu fragen. Die Polflucht der Kontinente war für uns in erster Linie eine Tatsache, die sich durch die Verteilung und den Bewegungsmechanismus der irdischen Gebirge in aller Schärfe und Unzweideutigkeit als solche verriet. Unter der Polflucht der irdischen Massen verstehen wir schließlich heute einfach das nackte Faktum, daß die Kontinente der Erde zu gewissen Zeiten stets deutlich von den Polen gegen den Äquator zu gewandert sind.

Die Polflucht der Kontinente als solche besteht somit als geologische Tatsache.

Über die **Ursachen** dieser Erscheinung mag man allerdings diskutieren, und da bestehen denn auch die größten Diskrepanzen in den Meinungen der einzelnen Forscher.

WEGENER führt die Polflucht der Kontinente lediglich auf die der Rotation der Erde entspringenden zentrifugalen Kräfte zurück, die ausschließlich die schwimmenden Kontinentalschollen von den Polen gegen den Äquator hinschieben sollen. Über das Ausmaß dieser Kräfte aber sind wir vom theoretischen Standpunkte aus noch vollkommen im unklaren. WEGENER und KÖPPEN erklären zwar, nach Berechnungen von SCHWEYDAR, EPSTEIN u. a., daß die zentrifugalen Kräfte der Erdrotation zur Entfesselung und andauernden Unterhaltung einer kräftigen Polflucht, wie wir sie durch die großen Gebirge der Erde illustriert sehen, völlig genügen. Eine Reihe anderer Forscher hingegen stellt dies entschieden in Abrede. Die Geophysiker werden sich also mit dieser Frage noch weiter zu beschäftigen haben.

Nicht so der Geologe. Für ihn besteht die Polflucht ganz allgemein als Tatsache, und über die rein akademische Diskussion, ob die

der Rotation entspringenden Kräftegruppen zu einer Verschiebung der Kontinente von den Polen zum Äquator wirklich genügen oder nicht, darf er im Grunde genommen schon heute hinweggehen. Es sind ja übrigens gar nicht diese zentrifugalen Kräfte allein, die die Polflucht der irdischen Kontinente regieren.

Wir haben gesehen, daß jede tektonische Massenverlagerung der Erde, sei es die Zusammenstauung eines Gebirges oder die Wanderung eines Kontinentes, unfehlbar zu mächtigen subkrustalen Strömungen führen muß. Die latent plastischen Massen der Tiefe strömen automatisch nach den Gebieten der Druckentlastung, dorthin, wo die feste Kruste die geringste Mächtigkeit hat. So entsteht nach jeder Gebirgstürmung ein Abstrom der Massen gegen die Pole hin, nach jeder Öffnung einer Geosynklinale aber ein eben so heftiger Gegenstrom gegen diese Geosynklinale zurück. Polstrom und Geosynkinalstrom lösen so einander stets ab. Aber während nun der Polstrom gegen den Widerstand der polfliehenden Zentrifugalkräfte zu kämpfen hat, wird der Geosynkinalstrom durch dieselben unterstützt.

Die Poldrift der Kontinente geht lediglich auf die Wirkung der Polströme zurück, die **Polflucht** derselben aber auf die **Summation von zentrifugalen Kräften und subkrustalen Strömungen**. Diese Summation von Zentrifugalkraft und Geosynkinalströmung bringt die Polflucht als solche zustande, und diese Summation der beiden Kräftegruppen vermag ganz ohne jeden Zweifel die Kontinente gegen den Äquator zurückzuschieben. Wo doch, gerade im gut dokumentierten Beispiel der Poldrift, schon die subkrustalen Strömungen allein die Kontinente zu verschieben vermochten.

Wir gelangen so mit KOSSMAT scheinbar zu ganz ähnlichen Anschauungen über das Wesen der schollenverschiebenden und damit der gebirgsbildenden Kräfte wie AMPFERER und SCHWINNER. Wir erkennen und anerkennen, daß großartige subkrustale Strömungen an diesen Ursachen der Gebirgsbildung weitgehend beteiligt sind, das eine Mal in Form der Polströme, das andere Mal in Form der Geosynkinalströmungen. Aber diese Strömungen sind nicht das Primäre, alles andere Bedingende, sondern diese Strömungen sind nur höchst wichtige sekundäre Folgen tektonischer Ereignisse, die primär stets und unfehlbar von den zentrifugalen Kräften der Erde ausgehen.

Gehen wir aus von der Poldrift der Kontinente, vom Abstrom der Massen gegen die Pole hin. Wir wissen, daß derselbe eine sekundäre Erscheinung ist, aber lassen wir diese Nebensache vorderhand einmal aus dem Spiel. Die Polströmungen existieren, das zeigen uns die geologischen Ereignisse der Erde ganz deutlich. Die Poldrift treibt die Kontinente gegen die Pole hin. Was geschieht? Zwischen den Konti-

nenten öffnet sich eine weite Dehnungszone, die werdende Geosynklinale; es macht sich somit immer mehr ein weiteres Gebiet der Druckentlastung geltend, gegen das von einem gewissen Momente an die unter den Kontinenten verdrängten Massen gleichfalls hinströmen. Dieses Hinströmen akzentuiert sich mit der weiteren Öffnung der Geosynklinale. Und nun wird unfehlbar ein Moment eintreten, wo Polstrom und Geosynkinalstrom sich die Wage halten, wo jede Bewegung ins Stocken kommt. Beständen daher nur die subkrustalen Strömungen allein, so würden die Kontinente stille stehen und jede Gebirgsbildung von da an erlöschen. Die infolge der nie ruhenden Rotation der Erde stets vorhandenen polfliehenden zentrifugalen Kräfte aber überwinden nun dieses kritische Stadium des Stillstandes, sie sorgen dafür, daß die Bewegung wieder im Sinne des Geosynkinalstromes in Gang kommt, und sie sind daher tatsächlich die große Kräftegruppe, die die Verschiebungen der Kontinente primär einleitet und direkt bedingt.

Die zentrifugalen Kräfte der Erde sind damit gewissermaßen die allerdings auch aktiv tätigen Katalysatoren, die den Sinn der Bewegung dirigieren. Nicht sie allein verschieben die Kontinente von den Polen gegen den Äquator, aber sie bringen mit ihrem Einsatz die Entscheidung in eine gewisse Stagnation zwischen den Strömungen hinein, sie schaffen mit ihrem Einsatz jenen **Kräfteüberschuß**, der **allein** in jenem kritischen Momente der Parität der Strömungen die Kontinente erneut von den Polen gegen den Äquator zurückzutreiben vermag.

Unsere Auffassung der Dinge unterscheidet sich damit von jener reinen „Strömungstheorie“ von AMPFERER und SCHWINNER in einem fundamentalen Hauptpunkt. Die zentrifugalen Kräfte der Erde leiten quasi mit fester Hand die Strömungen, die des weiteren mit ihnen zusammen die Verschiebungen der Massen regieren. **Zentrifugalkraft und Geosynkinalstrom** drängen **gemeinsam** die Kontinente gegen den Äquator hin, zum großen gebirgsbildenden Paroxysmus. Der Polstrom allein führt die Massen wieder gegen die Pole zurück, bis das Spiel mit dem Einsatz der bei diesem Vorgang wieder erwachenden zentrifugalen Kräfte von neuem beginnt.

So ist das Primäre die nimmerruhende Zentrifugalkraft der rotierenden Erde. Sie hat die deutliche Priorität gegenüber den Strömungen, sie dirigiert dieselben. Diese Priorität der zentrifugalen Kräfte geht zurück auf jene fernen Zeiten, wo die Kohäsion der irdischen Massen noch eine derart schwache war, daß die zentrifugalen Kräfte kaum auf nennenswerte innere Widerstände stießen und frei, wie heute auf der Sonne oder auf dem Jupiter, das Spiel der Massen regierten. Die zentrifugalen Kräfte waren es, die schon im Sternenzeitalter der

Erde zunächst die regellos nach Art von Kristallisationszentren sich bildenden und beinahe zufällig über den irdischen Glutball verstreuten ersten Verdichtungen der feurigflüssigen Erdmaterie nach Art der heutigen Sonnenflecken zu gesetzmäßigen Wanderungen zwangen, und die zentrifugalen Kräfte der Erdrotation wiederum waren es, die in den darauffolgenden Phasen der irdischen Erstarrung die ersten zusammenhangslos im Glutfluß schwimmenden, aus einer Summation und weiteren Akzentuierung irdischer Sonnenflecken hervorgegangenen dunklen Schlackenfelder als die ersten Uranlagen der irdischen Kontinente gegeneinandertrieben und dieselben längs den ersten primitiv gebauten irdischen Gebirgssystemen zu immer größeren Massen verschweißten. Waren aber diese zentrifugalen Kräfte nur einmal primär am Werke, so sind subkrustale Strömungen in großem Ausmaß die unvermeidliche Folge der ausgelösten Bewegungen, und das gewaltige Wechselspiel des irdischen Bewegungsmechanismus beginnt. So liegen die Uranfänge des irdischen Bewegungsmechanismus in den durch die Erdrotation entfachten ersten Wanderungen der irdischen Materie im Sternenzeitalter unseres Planeten.

AMPFERER und SCHWINNER betrachten die Strömungen der subkrustalen Massen als etwas Primäres, bis zu einem gewissen Grade fast Zufälliges. Bei AMPFERER bilden sich die Gebirge dort, wo durch den Abstrom der Massen eine „Verschluckungszone“ entsteht, bei SCHWINNER entstehen die Gebirge auf Streifen mit niedersinkenden Konvektionsströmungen, über seinen sog. „Zyklonen“. Aber warum sich gerade in einer gewissen Zone ein Zyklon bildet, oder warum von einer gewissen Zone ein Massenabstrom stattfindet, wird nicht oder nur halbwegs gesagt. Bei unserer Auffassung hingegen erscheint es klar, daß unter einer — durch das postorogenetische, isostatisch direkt bedingte erneute Auseinanderfahren der beweglichen Kontinentalblöcke — zu einer dünnen Haut gedehnten Geosynklinale eine raschere Abkühlung stattfindet als unter den dicken kontinentalen Sockeln, daß daher im Untergrund der Geosynklinale ein absteigender Konvektionsstrom, ein Zyklon entsteht, der von den beiden Kontinentalblöcken her sofort Massen ansaugt, und daß damit unser Geosynklinalestrom auf diese Weise sich einstellt. Daß daneben die Tendenz, die schwache Geosynklinale über den zur Tiefe strömenden gewissermaßen gekühlten Massen im Sinne AMPFERERS nachzusaugen, besteht, ergibt sich dabei ganz zwanglos. Aber die Geosynklinalebildung durch Dehnung im Gefolge einer früheren Gebirgsbildung ist das primäre, und der die Schollen erneut aufeinandertreibende Geosynklinalestrom ist das sekundäre. Daneben aber sind auch die Strömungen, welche die Geosynklinale als solche schufen, nicht primärer Art, sondern ihrerseits die sekundäre Folge einer Gebirgsbildung. Die Strömungen

lösen einander ab in Raum und Zeit, in stetem Wechsel; die große Kraft aber, die sie seit allem Anfang erst ausgelöst hat, und in eherner Gesetzmäßigkeit immer wieder auslöst, das ist die polfliehende Komponente der irdischen **Zentrifugalkraft**.

Für sich allein mag wohl vielleicht diese zentrifugale Komponente nicht genügen, bei dem heutigen weitgehend erstarrten Zustand der Erde die Polflucht der Kontinente zu entfesseln, durch geologische

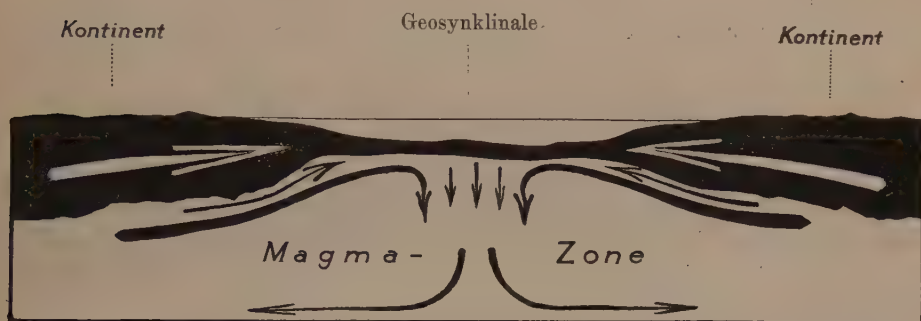


Fig. 44. Entstehung eines orogen aktiven Geosynklijalstroms durch raschere Abkühlung der subkrustalen Massen unter der dünnen Haut einer Geosynklinale.

(Nach R. STAUB, in Verfolgung eines Gedankens von R. SCHWINNER.)

Epochen hindurch zu nähren und schließlich bis zum gebirgetürmenden Paroxysmus einer Orogenese vorzutragen, aber diese zentrifugale Komponente ist es, die das entscheidende Übergewicht der Polfluchtkräfte herbeiführt, und die mit der Geosynklijalströmung zusammen je und je die Kontinente gegeneinander schiebt. Die letzten Ursachen der Polflucht gehen somit ganz gewiß auf die Rotation der Erde zurück.

Damit können wir unsere Anschauung über **die Ursachen der Gebirgsbildung** etwa wie folgt formulieren:

Zentrifugale Kräfte und **subkrustale Strömungen** schaffen **gemeinsam** die Bedingungen der irdischen Gebirgsbildung.

Keine der beiden Kräftegruppen **allein**, weder die eine noch die andere, vermag für **sich** die Phänomene der irdischen Struktur zu erklären.

Erst ihrer **Zusammenarbeit** gelingt es, die Kontinente in periodischen Intervallen stets von neuem in Bewegung zu setzen und damit die irdischen Gebirge und letzten Endes die Struktur der Kontinente und ihre heutige Verteilung im Raum zu schaffen.

Die primäre **Führung** in diesem großen **Gesamtmechanismus der Gebirgsbildung** aber gebührt den **zentrifugalen Kräften**. In ihnen liegt der **primäre Anstoß** zur **Entfesselung** des ewig sich wieder-

holenden und gesetzmäßig wechselnden Spieles der subkrustalen Strömungen, und in **ihnen** liegt das große **richtunggebende Moment** in diesem Spiel, das in großartigem Wechsel durch **Polflucht** und **Poldrift der Kontinente** die stets sich erneuernde **Gebirgsbildung** der Erde regiert.

Polflucht und Poldrift der Massen regieren so seit den ältesten Zeiten den Mechanismus der irdischen Gebirgsbildung. Was aber diesen stets eng geschlossenen, und nur dadurch folgerichtig stets sich erneuernden Vorgang immer wieder in stetem Wechsel ermöglicht, das ist die starre Masse des **Pazifischen Blockes**, in die beidseits, im Westen Amerikas und im Osten Asiens und Australiens, die ganze mächtige Bewegung quasi **eingespannt** ist. Ohne diese **Leitschiene des Pazifik** würden die irdischen Massen oft gar nicht aufeinander geprallt, sondern einander seitlich ausgewichen sein, und das Antlitz der Erde wäre samt seiner Geschichte ein ganz anderes. Es wäre auf jeden Fall weit gesetzloser und zufälliger. Die **starre Masse des Pazifik erst schafft sozusagen die festen Richtlinien**, innerhalb derer die Bewegung der Kontinentalmassen vor sich geht.

Die Entstehung des pazifischen Panzers aber geht gleichfalls auf eine Polflucht zurück. Der pazifische Panzer ist quasi nur die rasch verheilte Narbe jener riesigen Wunde unserer Erde, die durch das Losreißen der Mondmasse entstanden ist. Aber dieses Losreißen der Mondmasse seinerseits geht ja abermals nur zurück auf die Polflucht der mobilen Massen an die längste Axe des irdischen Rotationsellipsoides, und der pazifische Panzer geht somit in seiner Entstehung auf dieselben großen und allgemeinen Ursachen kosmischer Natur zurück wie die Verschiebungen der Kontinente.

Somit wurzelt schließlich alles in der allgewaltigen **Rotation** der um die Sonne kreisenden Erde. Zusammenschieben der Kontinente, pazifischer Widerstand, Westdrift und letzten Endes auch die dehnenden Kräfte der Polströmungen, die die stete Erneuerung des großen tektonischen Spiels ermöglichen.

Die Rotation der Erde regiert damit den Mechanismus der irdischen Gebirgsbildung mit Polflucht und Poldrift seit urdenklichen Zeiten. Die ältesten über die Erde mit sicheren Daten verfolgbaren Gebirge gehorchen ihren Gesetzen, und fast scheint dieses großartige Kräftespiel, dieses planmäßige Hin und Her der irdischen Massen, nie aufhören zu sollen, solange die Erde um die Sonne kreist. Und doch wird es vielleicht auch hier einmal ein Ende geben, und

kann in ferner Zukunft eine Zeit anbrechen, wo das tektonische Leben unseres Planeten langsam immer mehr erlischt, wo schließlich keine Kontinente mehr sich verschieben, wo keine Gebirge mehr sich türmen, wo die letzten die Menschheit schreckenden Vulkane erlöschen und die letzten großen Beben der festen Rinde ausklingen. Dann wird unter der unheimlichen Stille des tektonischen Todes unserer Erde in einer ununterbrochenen Reihe von Abtragungszyklen langsam jedes irdische Relief mehr und mehr verschwinden, und die donnernden Wogen des Meeres, das Rauschen der fließenden Wasser, die über die verflachten Kontinente hinwegbrausenden Stürme und das krachende Eis der Gletscher und der polaren Eiskalotten verkünden immer mehr den sicheren Untergang des festen Landes in einem erdumspannenden Weltenmeer. Eine eisige Panthalassa wird schließlich auf einem letzten Refugium das letzte Leben der Kontinente vernichten.

So sind denn die gebirgsbildenden Kräfte die Hüter und Bewahrer des irdischen Lebens und aller menschlichen Kultur, und ohne ihre stete Erneuerung durch das Wechselspiel von Polflucht und Polstrom gingen wir alle dem sicheren Untergange entgegen. Diesem Untergange ist daher alles irdische Leben geweiht von dem Momente an, wo die Erde vollständig erstarrt, die magmatische Zone total verhärtet und damit die Beweglichkeit der kontinentalen Schollen verunmöglicht ist. Dann wird keine Polflucht mehr die irdischen Kontinente gegeneinander schieben, dann wird auch keine Poldrift mehr dieselben wieder auseinanderreißen, jede Strömung wird unterbleiben, und jede Gebirgsbildung auf Erden wird erloschen sein. Mit dem Verschwinden der letzten gebirgsbildenden Kräfte aber naht unerbittlich auch unser aller Ende, und das Los der Welt, aller Kultur und aller Entwicklung, ist der Untergang allen Lebens in einer bei weiterer Erstarrung und Abkühlung immer mehr vereisenden Panthalassa.

Ob es aber wirklich je zu diesem völligen Stillstand aller irdischen Bewegung, je zu einem absoluten Erstarren der Erde kommt? Es scheint uns ja allerdings, daß die Erde sich abkühlt und immer mehr in Erstarrung begriffen ist. Aber vielleicht geht diese Abkühlung und Erstarrung auch nur bis zu einem gewissen Punkt, von wo an die durch den Zerfall radio-aktiver Körper und die durch chemische Reaktionen in der Erdrinde überhaupt frei werdende Wärme der fortschreitenden Erkaltung des Planeten die Wage hält. Dann würde sich unter der starren Kruste der alternden Erde eine magmatische Fließzone erhalten können und ginge der große Bewegungsmechanismus der Erde, wenn vielleicht auch langsamer und in ausgeglichenerem Rhythmus als heute, weiter ohne jedes Ende.

Ob aber die aus solchen chemischen Umsetzungen in der Erdmasse entstehenden Wärmemengen wirklich eine Erstarrung des Planeten auf

die Dauer verhindern können, ob nicht doch nach langem Hin und Her dieses Endstadium einer völligen Erstarrung erreicht wird? Wir wissen es nicht.

So steht vor uns das dunkle Rätsel unserer Zukunft. Vergebens sinnen wir daran herum. Was ist die Lösung? Leben oder Tod? Gibt es ein Ende, gibt es keines? Was ist das endliche Los der Planeten, was das Schicksal der Welt? In tiefer Ehrfurcht staunen wir ob der Unendlichkeit des Raumes und der Zeiten, die sich bei diesen Fragen wie ein unermesslicher Abgrund vor unserm kleinen Geiste auftut, und wir erkennen wieder einmal mehr das arme Stückwerk allen menschlichen Wissens. Wie Kinder stehen wir vor den großen Fragen des Lebens und des Todes, der Blick in diese letzten Geheimnisse der Welt bleibt uns verwehrt und dunkel liegt vor uns die Zukunft unseres Geschlechts.

Noch aber leben wir auf unserer warmen Erde und spüren froh den bewegten Pulsschlag des Planeten. Vergessen wir daher die letzten unerhörten Probleme unseres Daseins, freuen wir uns der Sonne, um die unser irdisches Gestirn seit Ewigkeiten kreist, bewundern wir all die gewaltige und stille Schönheit dieser Welt, und rütteln wir nicht an jenen uns wohl immer verschlossenen Toren, hinter denen die dunklen Geheimnisse des Lebens und des Todes seit urdenklichen Zeiten der Enträtselung harren.

Abgeschlossen in Fex, am 22. Januar 1927.

Literaturverzeichnis

- ABENDANON, E. C., Die Großfalten der Erdrinde. Verl. E. I. Brill, Leiden, 1914.
- AMPFERER, O., Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt Wien, 1906.
- ANDRÉE, A., Handatlas. Velhagen & Klasing, letzte Ausgabe.
- ANDRÉE, K., Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Borntraeger, Berlin, 1914.
- ARBENZ, P., Zur Tektonik Siziliens. Vierteljahrschr. Naturf. Ges. Zürich, 1908.
- Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen. Ebendort 1919.
- ARGAND, E., Sur l'arc des Alpes occidentales. Ecl. geol. Helv. 1916.
- Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagnes. Soc. Helv. Sc. Nat. Neuchâtel, 1920.
- La Tectonique de l'Asie. C. R. XIII^e Congr. géol. intern. Bruxelles, 1924.
- VAN BEMMELEN, R. W., Bijdrage tot de Geologie der Betische Ketens in de Provincie Granada. Diss. Delft, 1927.
- BERTRAND, M., La chaîne des Alpes et la formation du continent européen. Bull. Soc. géol. France 1887.
- Mémoires sur les refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre. Paris, 1890.
- Sur la déformation de l'écorce terrestre. C. R. Ac. Sc. 1900.
- Essai d'une théorie mécanique de la formation des Montagnes. C. R. Ac. Sc. 1900.
- Déformation tétraédrique du globe terrestre. C. R. Ac. Sc. 1900.
- BLUMENTHAL, M. M., In der Längsrichtung durch die Venezolanischen Anden. Jahrb. Schweiz. Alpenklub, Bern, 1923.
- Zum Bauplan betischer und penibetischer Decken im Norden der Provinz Málaga. Geol. Rundschau, Bd. XVIII, 1927.
- BORN, A., Über jungpaläozoische kontinentale Geosynklinalen Mitteleuropas. Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. Bd. XXXVII, 1921.
- Zur Kenntnis des kaledonischen Gebirges. Geol. Rundsch. 1923.
- Isostasie und Schweremessungen. Verl. Julius Springer Berlin, 1923.
- Schwerezustand und geologische Struktur der Iberischen Halbinsel. Naturf. Ges. Frankfurt a. M. 1925.
- Beziehungen zwischen Schwerezustand und geol. Struktur Deutschlands. Beitr. z. Probl. d. Massenvert. im Erdkörper. Max Weg, Berlin, Leipzig, 1925.
- Die Entwicklung der Erde und ihr geologischer Aufbau. Lehrbuch der Geophysik. Borntraeger, 1926.
- Der Bewegungsmechanismus der Erdkruste. Ebenda 1926.
- BROUWER, H. A., Geologische Onderzoekingen in Oost-Ceram. Tijdschr. Nederl. Aardrijksk. Gen. 1919.
- Über Gebirgsbildung und Vulkanismus in den Molukken. Geol. Rundschau, Bd. VIII, 1917.
- Phasen der Bergvorming in de Molukken. Antrittsrede Techn. Hochschule, Delft, 1918.

- BROUWER, H. A., Kort Overzicht onzer Kennis omtrent geologische formaties en bergvormende Bewegingen in den O.-I. Archipel beoosten Java en Celebes. Verh. Geol.-Mijnbouwk. Gen. v. Nederl. en Kolonien. 1918.
- Geologisch Overzicht van het oostelijk gedeelte van den Oost-Indischen Archipel. Jaarboek v. h. Mijnwezen in N. O. I. 1919.
- Geotektonische Schetskaart van het oostelijk gedeelte van den Oost-Indischen Archipel. Ebenda 1919.
- Geologische Onderzoekingen op de Soela-Eilanden. s'Gravenhage 1921.
- Geologische Onderzoekingen op de Sangi-Eilanden en op de Eilanden Ternate en Pisang. Ebenda 1921.
- Some relations of earthquakes to geologic structure in the East Indian Archipelago. Bull. Seism. Soc. of America, 1921.
- The Major Tectonic Features of the Dutch East Indies. Journ. Ac. Sc. Washington, 1922.
- Bijdrage tot de Geologie van Groot-Kei en de kleine Eilanden tusschen Ceram en de Kei Eilanden. Jaarb. Mijnw. in Ned. O. I. 1923.
- Bijdrage tot de Geologie der Obi-Eilanden. Ebenda 1924.
- Zur Tektonik der Betischen Kordillere. Geol. Rundschau 1926.
- und GOULD, L. M., The geology of the Netherlands East Indies. New York, 1925.
- BRYAN, W. H., Earth Movements in Queensland, Proc. R. Soc. Queensl., Brisbane, 1925.
- v. BUBNOFF, S., Die Gliederung der Erdrinde. Fortschr. Geol. u. Pal. Borntraeger, Berlin, 1924.
- Der Gebirgsbau Osteuropas. Geol. Rundschau, Bd. XV. 1924.
- Geologie von Europa. Borntraeger, Berlin, 1926.
- Die Architektur und die Baugesetze der Erdrinde. Extrait de „Scientia“ Milano, März, 1927.
- CARBONELL T.-F., A., Nuevas Ideas sobre la Tectonica Iberica. Revista Minera, Madrid, 1927.
- CHUDEAU, R., Tectonique de l'Afrique occidentale. Bull. Soc. géol. France 1918.
- CORNELIUS, H. P., Über einige Probleme der penninischen Zone der Westalpen. Geol. Rundsch. 1921.
- CVIJIĆ, J., Die tektonischen Vorgänge in der Rhodopemasse. Ber. k. k. Ak. Wiss. Wien, 1901.
- Die Tektonik der Balkanhalbinsel. C. R. IX^e Congr. int. géol. Wien, 1903.
- DACQUÉ, E., Grundlagen und Methoden der Paläogeographie. Fischer, Jena, 1915.
- DALY, R. A., Abyssal igneous injection as a causal condition and as an effect of mountain-building. Am. Journ. of Sc. 1906.
- Igneous rocks and their origin. 1914.
- DARDER, PERICAS B., La tectonique de la région orientale de l'île de Majorque. Bull. Soc. géol. France 1925.
- DEMAY, A., Nappes hercyniennes et plis de fonds pyrénéens du Massif des Maures. C. R. Ac. Sc. Paris, 1927.
- DUPUY DE LÔME, MILANS DEL BOSCH, DEL VALLE, IRUEGAS, MARIN, Estudios relativos a la Geologia de Marruecos. Bol. Inst. geol. España, 1917 und 1921.
- DU TOIT, The Karroo of South Africa. Transact. Geol. Soc. South Africa, 1920.
- EÖTVÖS, Verh. der 17. Allg. Konferenz d. Intern. Erdmessung, 1913.
- EPSTEIN, E. S., Über die Polflucht der Kontinente. Die Naturwissenschaften, 1921.
- ERDMANNSDOEFFER, LEUCHS, WURM, Südostmazedonien und Kleinasien. Kriegsschauplätze, Borntraeger, Berlin, 1925.
- EUGSTER, H., Zur Geologie der kolumbianischen Ostkordilleren. Ecl. Geol. Helv. 1922.
- FALLOT, P., Étude géologique de la Sierra de Majorque. 1922.
- Le problème de l'île de Minorque. Bull. Soc. géol. France, 1923.

- FAVRE, E., Recherches géologiques dans la partie centrale de la chaîne du Caucase. N. Denkschr. allg. schweiz. Ges. f. Naturwiss. Zürich, 1874.
- GENTIL, L., Carte géologique prov. du Maroc. Impr. Gaillac-Monroq et Cie. Paris, 1920.
- GERTH, H., Orogenese und Magma in der argentinischen Kordillere. Steinmann-Festschr. 1926.
- GIGNOUX, M., Géologie stratigraphique. Masson et Co., Paris, 1926.
- GOLDSCHMIDT, V. M., Der Stoffwechsel der Erde. Videnskapsselskapets Skrifter, Mat. Nat. Kl., Oslo, 1922.
- Über die Massenverteilung im Erdinnern, verglichen mit der Struktur gewisser Meteoriten. Die Naturwissenschaften, Berlin 1922.
- GRABER, H. V., Das Alter der herzynischen Brüche. Mitt. geol. Ges. Wien, 1926.
- GROLL, M., Tiefenkarte des Atlantischen Ozeans. Inst. f. Meereskunde, Heft 2, Berlin, 1912.
- GRUBENMANN, U. und NIGGLI, P., Die Gesteinsmetamorphose. Borntraeger, Berlin, 1924.
- GÜNTHER, S., Vergleichende Mond- und Erdkunde. Die Wissenschaft, Heft 37, Braunschweig, 1911.
- GUTENBERG, B., Lehrbuch der Geophysik. Borntraeger, Berlin, 1926.
- HAUG, E., Les géosynclinaux et les aires continentales, contribution à l'étude des transgressions et des regressions marines. Bull. Soc. géol. France 1900.
- Traité de Géologie. Paris, 1907.
- HAYFORD, J., The figure of the Earth and Isostasy. U.-S. Coast and Geol. Survey, Washington 1909.
- HEIM, ALB., Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Basel, 1878.
- Querprofil durch den Zentralkaukasus längs der Grusinischen Heerstraße, vergl. mit den Alpen. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, 1898.
- Neuseeland. Neujaarsbl. Naturf. Ges. Zürich, 1905.
- Die Schwereabweichungen der Schweiz in ihrem Verhältnis zum geologischen Bau. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, 1915.
- Das Gewicht der Berge. Jahrb. d. Schweiz. Alpenklubs, 1919.
- Geologie der Schweiz. 1922.
- Die Gipfelflur der Alpen. Neujaarsbl. Naturf. Ges. Zürich, 1927.
- HEIM, ARN., Sur la Géologie de la partie méridionale de la basse Californie. C. R. Ac. Sc. Paris 1915.
- Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental, Mexiko). Ecl. geol. Helv. 1926.
- und JEANNET, A., Crétacique supérieure à Inocérames et Eocène de la Nouvelle-Calédonie. Bull. Soc. Géol. France, 1922.
- HERITSCH, F., Die Grundlagen der alpinen Tektonik. Borntraeger, Berlin, 1923.
- Die Deckentheorie in den Alpen (1905—1925). Borntraeger, Berlin, 1927.
- HOBBS, W. J., Earth Evolution and its facial Expression. New York, 1921.
- The asiatic arcs. Bull. Geol. Soc. America, 1923.
- HOLTEDAHL, O., On the Palaeozoic Formations of Finnmarken. Journ. of Geol. 1919.
- Litt om Novaja Semlja. Særtryk av Naturen 1922.
- Some points of structural resemblance between Spitsbergen and Great Britain, and between Europe and North-America. Norske Videnskaps. Ak. Oslo, 1925.
- Tectonics of Arctic Regions. Pan-Amer. Geologist, 1926.
- JACOB, CH., Études géologiques dans le Nord-Annam et le Tonkin. Bull. d. Service géol. de l'Indo-Chine, Hanoi, 1921.
- Exploration géologique dans le Haut-Laos. Ebenda 1925.
- JAWORSKI, E., Das Alter des südatlantischen Beckens. Geol. Rundschau, 1921.

- KEIDEL, J., Über das Alter, die Verbreitung und die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen tektonischen Strukturen in den argentinischen Gebirgen. XII. intern. Geol. Kongreß, Toronto, 1913.
- Sobre la distribucion de los Depósitos glaciares del Pérmico conocidos en la Argentina. Bol. Acad. Nac. Cordoba, 1922.
- KILIAN, C., Des Plissements de „l'Enceinte tassilienne“ du Massif central saharien de l'Ahaggar. C. R. Ac. Sc. Paris, 1923.
- Sur la structure du Sahara Sud-Constantinois et Central. C. R. Soc. Géol. France, 1923.
- Des plissements propres aux Schistes cristallins de l'Ahaggar, des Saharides. C. R. Ac. Sc. Paris, 1923.
- De l'Immidir, feston de l'Enceinte Tassilienne (Sahara Central). Ebenda, 1923.
- KINOUE, General geological map of Korea, 1:1500000.
- KIRK, EDW., Palaeozoic Glaciation in Southeastern Alaska. Am. Journ. Sc. 1918.
- KOBER, L., Die Bewegungsrichtung der alpinen Deckengebirge des Mittelmeers. Petermanns Mitt., Gotha, 1914.
- Geologische Forschungen in Vorderasien. I. Taurusgebirge, Tektonik des Libanon. Denkschr. Ak. Wiss. Wien, 1915.
- Die Aufgaben der Geotektonik. Mitt. Geol. Ges. Wien, 1917.
- Genetik der Orogene. Mitt. Geogr. Ges. Wien, 1921.
- Der Bau der Erde. Borntraeger, Berlin 1921.
- Bau und Entstehung der Alpen. Borntraeger, Berlin, 1923.
- Lehrbuch der Geologie. Tempsky, Wien, 1923.
- Gestaltungsgeschichte der Erde. Borntraeger, Berlin, 1925.
- Die tektonische Stellung des Semmering-Wechselgebietes. Tscherm. Mitt. 1925.
- Geologie der Landschaft um Wien. Jul. Springer, Wien, 1926.
- KOCKEL, W. C. und KOSSMAT, F., Zur Stratigraphie und Tektonik Bulgariens. Geol. Rundschau 1927.
- KÖLBL, L., Der Südrand der Böhmisches Masse. Geol. Rundschau 1927.
- KÖPPEN, W., Ursachen und Wirkungen der Kontinentalverschiebungen und Polwanderungen. Petermanns Mitt. 1921.
- Über die Kräfte, welche die Kontinentalverschiebungen und Polwanderungen bewirken. Geol. Rundschau, 1921.
- und WEGENER, A., Die Klimate der geologischen Vorzeit. Borntraeger, Berlin, 1924.
- KOSSMAT, F., Die mediterranen Kettengebirge in ihrer Beziehung zum Gleichgewichtszustande der Erdrinde. Abh. Sächs. Ak. Wiss. Leipzig, 1921.
- Die Beziehungen zwischen Schwereanomalien und Bau der Erdrinde. Geol. Rundsch. 1921.
- Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Kriegschauplätze. Borntraeger, 1924.
- Die Beziehungen des südosteuropäischen Gebirgsbaues zur Alpentektonik. Geol. Rundschau, Bd. XV, 1924.
- Erscheinungen und Probleme des Überschiebungsbaues im varistischen Gebirge Sachsens und der Sudetenländer. Zentralbl. Min. Geol. Pal. Stuttgart, 1925.
- Übersicht der Geologie von Sachsen. Erläuterung zu den vom Sächs. Geol. Landesamt veröffentlichten Übersichtskarten. Leipzig, 1925.
- Ein Problem der Harztektonik. Der Überschiebungsbau des Unterharzes. Zentralbl. f. Min. usw., 1927.
- Gliederung des varistischen Gebirgsbaues. Abh. Sächs. Geol. Landesamt, Leipzig, 1927.
- KREICHGAUER, D. Die Äquatorfrage in der Geologie. Steyr, 1902.
- KRENKEL, E., Der Syrische Bogen. Zentralbl. f. Min., Geol., Pal. Stuttgart, 1924.
- Geologie Afrikas. Borntraeger, Berlin, 1925.

- KRIGE, L. I., On mountain building and continental sliding. South Afr. Journ. of Sc. Pretoria, 1926.
- KÜHN, F., El Arco de las Antillas Australes. Museo Nacional, Buenos Aires.
- KÜPPER, H., Jungpaläozoische Sedimentation und Orogenese im Bereiche der Karnischen Alpen. N. Jb. f. Min. usw. 1927.
- LAMBERT, W. D., Some Mechanical Curiosities connected with the Earth's Field of Force. The Am. Journ. of Sc. 1921.
- DE LAUNAY, L., La science géologique. Paris, 1905.
- La géologie et les richesses minérales de l'Asie. Paris, 1911.
- Géologie de la France. Armand Colin, Paris, 1921.
- LENCEWICZ, ST., Sezioni geologiche dell'Apennino Toscano. C. R. Soc. Sc. Varsovie, 1913.
- LEUCHS, K., Ergebnisse neuer geologischer Forschung im Tianschan. Geol. Rundsch. 1913.
- Die Bedeutung der Überschiebungen im zentralen Asien. Ebenda 1914.
- Beiträge zur Entstehungsgeschichte von Asien. Zentralbl. f. Min. usw. 1924.
- Der asiatische Bau und seine Bedeutung für die Tektonik der Erde. Ebenda 1925.
- Tiefseegräben und Geosynklinalen. Sep. Pompeckj Festband (Neues Jahrb. f. Min. usw.), 1927.
- LIMANOWSKI, M., Coup d'oeil sur l'architecture des Carpathes. Kosmos Lemberg, 1905.
- V. LOZINSKI, W., Vulkanismus und Zusammenschub. Geol. Rund. 1918.
- LUGEON, M., Les nappes de recouvrement de la Tatra et l'origine des Klippes des Carpathes. Bull. Lab. Géol. usw. Lausanne 1903.
- et ARGAND, E., Sur de grands phénomènes de charriage en Sicile. C. R. Ac. Sc. Paris, 1906.
- MACHATSCHKE, F., Ergebnisse einer Studienreise in den westlichen Tianschan. Mitt. k. k. Geogr. Ges. Wien, 1912.
- Vorläufiger Bericht über den Verlauf und die Ergebnisse einer Forschungsreise durch Russisch-Turkestan. Ebenda 1915.
- Der westliche Tianschan. Pet. Erg.-Heft. 176.
- Verebnungsflächen und junge Krustenbewegungen im alpinen Gebirgssystem. Zeitschr. Ges. f. Erdkunde, 1916.
- MACOVEI, G., Aperçu géologique sur les Carpathes Orientales. Guide excurs. Assoc. Carpath. Bucarest, 1927.
- DE MARGERIE, EMM., Une nouvelle carte géologique du Monde? Extr. Annal. Géogr. Paris, 1922.
- und HEIM, ALB., Die Dislokationen der Erdkruste. Zürich, 1888.
- MOLENGRAAFF, G. A., Modern Deep-Sea Research in the East Indian Archipelago. The geogr. Journ. 1921.
- MORDZIOL, G., Die Gebirgsbildung der Erde. Leipzig, 1922.
- MOUSCHKETOW, D., Contribution à l'étude du Tianschan. C. R. XIII^e Congr. géol. int. 1922.
- Sur la Question du grand Ecrasement de Pamir. Livre Jubilaire, Soc. Géol. de Belgique, 1924.
- Idées modernes sur la tectonique en relation avec la géologie de l'Asie Centrale. 1926.
- Carte géologique de la Russie d'Asie. 1 : 10 500 000, 1922.
- MRAZEC, L., Sur les schistes cristallins des Carpathes méridionales. C. R. IX. Congr. géol. Intern. Wien, 1903.
- et VOITESTI, J. P., Contributions à la connaissance des Nappes du Flysch Carpathique en Roumanie. Ann. Inst. geol. Roumanie 1915.
- — Esquisse tectonique des Carpathes méridionales et orientales 1:2000000, Bucarest, 1923.
- MURGOCI, G., Asupra tectonicii din Nordul Paringului. Bul. Soc. Stiinti Bucarest, 1898.
- Contribution à la tectonique des Carpathes méridionales. C. R. Ac. Sc. Paris, 1905.

- MURGOI, G., Sur l'existence d'une grande nappe de recouvrement dans les Carpathes méridionales. Ibid. 1905.
- Sur l'âge de la grande Nappe de charriage des Carpathes méridionales. Ibid. 1905.
- The geological synthesis of the South Carpatians. C. R. Congr. géol. intern. Stockholm, 1910.
- Etude géologique dans la Dobrogea du Nord. An. Inst. geol. Roman. 1912.
- NEUMAYR-SUESS, Erdgeschichte. Leipzig, 1920.
- NIGGLI, P., Petrographische Provinzen der Schweiz. Viertelj. Nat. Ges. Zürich, 1919.
- Die Gesteinsassoziationen und ihre Entstehung. Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Neuchâtel, 1920.
- Lehrbuch der Mineralogie. Borntraeger, Berlin, 1920.
- Der Taveyannazsandstein und die Eruptivgesteine der jungen mediterranen Kettengebirge. Schweiz. Min. u. Petr. Mitt., Bd. II.
- NÖLKE, F., Das Problem der Entwicklung unseres Planetensystems. Jul. Springer, Berlin, 1919.
- Zur Polflucht der Kontinente. Die Naturwissenschaften, Bd. 9, 1921.
- Geotektonische Hypothesen. Borntraeger, Berlin, 1924.
- NOPSCA, F. Baron, Geologische Grundzüge der Dinariden. Geol. Rundsch., Bd. XII.
- Beiträge zur Verteilung der Eruptivgesteine. „Földtani Közlöni“ Budapest, 1926.
- OBRUTSCHIEW, W. A., Geologie von Sibirien, mit Karte. Fortschr. Geol. u. Pal. Borntraeger, Berlin, 1926.
- Über einige neue Anschauungen in der Tektonik. Geol. Archiv, München, 1927.
- PATAC, I., La formation Uralienne Asturiana. Gijon, 1920.
- PENCK, W., Der Südrand der Puna de Atacama. Abh. Sächs. Ak. Wiss. 1920.
- Die Entstehung der Gebirge der Erde. Deutsche Revue, 1921.
- PHILIPPSON, A., Zusammenhang der griechischen und kleinasiatischen Faltengebirge. Petermanns Mitt. 1914.
- PICKERING, H. W., The Place of Origin of the Moon. Scottish Geogr. Magaz. 1907.
- PIETZSCH, K., Der Bau des erzgebirgisch-lausitzer Grenzgebietes. Abh. Sächs. geol. Landesanst. 1927.
- POTONÉ, H., Die Tropensumpfflachmoornatur der Moore des prod. Karbons. Jahrb. geol. Landesanst. Berlin, 1909.
- PREDÁ, D. M., La géologie et la tectonique de la partie orientale du district Prahova. An. Inst. geol. Roman. 1925.
- QUENSEL, P. D., Geologisch-petrographische Studien in der Patagonischen Cordillera. Bull. Geol. Inst. Upsala, 1911.
- RABOWSKI, F., Les Klippes et leur rôle dans la chaîne carpathique. Bull. Serv. Géol. de Pologne, Varsovie, 1925.
- und GOETEL, W., Les nappes de recouvrement de la Tatra. I. La structure de la Zone Hauttatrique. II. La structure de la Zone Subtatrique. Ebenda 1925.
- RAGUI, E., La tectonique hercynienne dans l'Europe Centrale et Occidentale. Revue générale des Sciences, Paris, 1927.
- Charriages antéstéphanien dans le substratum de terrains cristallins du grand Sillon Houiller du Plateau central français. C. R. Ac. Sc. Paris, 1927.
- REED, F. R. C., The Geology of the British Empire. Edw. Arnold, London, 1921.
- REINHARD, M., Interprétation tectonique de la région pétrolifère de la vallée de Santa Clara en Californie et considérations théoriques sur les gîtes de pétrole. Arch. Sc. Phys. Nat. Genève 1919.
- REYER, E., Geologische Prinzipienfragen. Engelmann, Leipzig, 1907.
- V. RICHTHOFEN, F., Geomorphologische Studien aus Ostasien. Sitzber. k. Preuß. Ak. Wiss. Berlin. 1903.
- Über Gebirgskettung in Ostasien. Ebenda 1903.

- RÜDEMANN, R., Neuere amerikanische Theorien über die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Steinmann-Festschrift, 1926.
- RUDZKI, M. P., Physik der Erde. Leipzig, 1911.
- SACCO, F., Essai sur l'Orogénie de la Terre, m. Karte. Librairie C. Clausen, Turin, 1895.
- Les Lois fondamentales de l'Orogénie de la Terre. Ebenda 1906.
- SALOMON, W., Grundzüge der Geologie. E. Schweizerbart, Stuttgart, 1922.
- SANDBERG, C. G. S., Isostasie und die ursächliche Einheit von Gebirgsbildung und Vulkanismus. Borntraeger, Berlin, 1924.
- SCHARDT, H., Die modernen Anschauungen über den Bau und die Entstehung des Alpengebirges. Verh. Schweiz. Naturf. Ges. St. Gallen, 1906.
- SCHIAPARELLI, De la Rotation de la Terre sous l'Influence des Actions géologiques. St. Petersburg. 1889.
- SCHNEIDER, K., Zur Frage über die Ursachen geotektonischer Bewegungen. Geol. Rundschau, 1917.
- SCHOTT, G., Geographie des Atlantischen Ozeans, mit Karte. C. Boysen, Hamburg, 1926.
- SCHRIEL, W., Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik des Gebietes der Hauptsattelachse des Unterharzes. Jahrb. preuß. geol. Landesanst. 1927.
- SCHUMANN, R., Astronomisch-geodätische Beiträge zur Geologie. Mitt. Geol. Ges. Wien, 1927.
- SCHWEYDAR, W., Bemerkungen zu Wegeners Hypothese der Verschiebung der Kontinente. Zeitschr. Ges. f. Erdkunde, Berlin, 1921.
- SCHWINNER, R., Vulkanismus und Gebirgsbildung. Zeitschr. f. Vulkanologie, Bd. V, 1919.
- Zur Verwertung der Schwerestörungen für die tektonische Geologie. Zeitschr. f. Geophysik. Heft 4, 1926.
- SEIDLITZ, W. v., Der geologische Aufbau Spaniens und des westlichen Mittelmeergebietes. Ber. nat. Ges. Baden, 1926.
- Der geologische Bau und die tektonische Bedeutung der Balearischen Inseln. Geol. Rundschau 1927.
- SHEPARD, F. P., Possible silurian Tillite in Southeastern British-Kolumbia. Journ. of Geology, 1922.
- SIEBERG, A., Handbuch der Erdbebenkunde. Braunschweig, 1904.
- Der Erdball, seine Entwicklung und seine Kräfte. Handb. der Erdbebenkunde. Braunschweig, 1904.
- Aufbau und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers. Geol. Rundsch., Bd. 12, 1921.
- Die Verbreitung der Erdbeben auf Grund unserer makro- und mikroseismischen Beobachtungen. Jena, 1922.
- SONDER, R., Die erdgeschichtlichen Diastrophismen im Lichte der Kontraktionslehre. Geol. Rundsch., Bd. 13, 1922.
- Über die Ursachen der Erdkontraktion. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, 1922.
- STAUB, R., Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, 1915.
- Zur Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. geol. Karte d. Schweiz, 1916.
- Über Faziesverteilung und Orogenese in den südöstlichen Schweizeralpen. Ebenda 1917.
- Geologische Beobachtungen am Bergellermassiv. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, 1918.
- Über Wesen, Alter und Ursachen der Gesteinsmetamorphosen in Graubünden. Ebenda 1920.
- Über den Bau des Monte della Disgrazia. Ebenda 1921.
- Geologische Karte der Val Bregaglia. 1 : 50000. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, 1921.
- Über die Verteilung der Serpentine in den alpinen Ophiolithen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Zürich, 1922.
- Der Bau der Alpen, mit Karte und Profilen. Beitr. geol. Karte d. Schweiz, 1924.

- STAUB, R., Una sintesi delle Alpi. Boll. Soc. Geol. Ital. 1925.
- Südalpen und Dinariden. Ecl. geol. Helv. 1926.
 - Geologische Karte des Avers. Beitr. Geol. Karte d. Schweiz, 1926.
 - Gedanken zur Tektonik Spaniens. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, 1926.
 - Über Gliederung und Deutung der Gebirge Marokkos. Ecl. geol. Helv. 1926.
 - Ideas sobre la tectonica de España. Real Ac. Sc. etc. Cordoba, 1927.
 - Corte Transversal esquemático al traves de la Cordillera Bética. Ebenda 1927.
- STAUB, W., Neuere Ergebnisse der geologischen Untersuchung des östlichen Mexiko. Heim-Festschr. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, 1919.
- Die Hauptlinien im Bauplan von Mexiko. Ecl. geol. Helv. 1926.
- STEINMANN, G., Geologische Beobachtungen in den Alpen. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B., 1905.
- Alpen und Apennin. Zeitschr. deutsche Geol. Ges. 1906.
 - Gebirgsbildung und Massengesteine in der Kordillere Südamerikas. Geol. Rundsch., Bd. 1, 1910.
 - Umfang, Beziehungen und Besonderheiten der andinen Geosynklinale. Ebenda, Bd. XIV, 1923.
 - Gibt es fossile Tiefseeablagerungen von erdgeschichtlicher Bedeutung? Ebenda, Bd. XVI, 1925.
- LISSON, C., STAPPENBECK, R. u. a., Geologische Karte der Kordillere von Peru. 1 : 3 000 000, C. Winters, Heidelberg, 1924.
- STEINMANN-Festschrift. Geol. Rundschau, 1926.
- STILLE, H., Geologische Studien im Gebiete des Rio Magdalena. Festschr. Koenen, 1907.
- Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Borntraeger, 1924.
 - Stammbaum der Gebirge und Vorländer. C. R. Congr. géol. Madrid, 1926.
- STUDER, B., Geologie der Schweiz. Bern, 1851.
- SUCESS, E., Die Entstehung der Alpen. Wien, 1875.
- Das Antlitz der Erde. Tempsky, Wien, 1908.
 - La Face de la Terre, traduit par Emm. de Margerie, Colin, Paris.
- SUCESS, F. E., Der innere Bau des variszischen Gebirges. Mitt. geol. Ges. Wien, 1921.
- Zum Vergleich zwischen variszischem und alpinem Bau. Geol. Rundsch. 1923.
 - Das Großgefüge der Böhmisches Masse. Centralbl. Min. usw. 1926.
 - Intrusionstektonik und Wandertektonik im variszischen Grundgebirge. Borntraeger, Berlin, 1926.
 - Begriff und Bedeutung der Intrusionstektonik. Geol. Rundschau, Bd. XVIII, 1927.
- TAMMANN, G., Kristallieren und Schmelzen. Leipzig, 1903.
- Über die Änderungen des Aggregatzustandes bei der Abkühlung eines Weltkörpers. Verh. Perm. Seism. Komm. k. Ak. Wiss. St. Petersburg, 1903.
- TAYLOR, F. B., Bearing of the tertiary mountain belt on the origin of the earth's plan. Bull. geol. Soc. America, 1910.
- TEISSEYRE, W., La Méthode de la Cryptotectonique et le soubassement des Carpathes. Lwow, Kosmos 1926.
- Les grandes lignes tectoniques et morphologiques de l'avant-pays et l'arrière-pays des Carpathes, leurs rapports avec les cycles antécarpathiques. Lwow, 1927.
- TERMIER, P., Les nappes des Alpes orientales et la Synthèse des Alpes. Bull. Soc. géol. France, 1903.
- Les schistes cristallins des Alpes occidentales. Congr. géol. Intern. Vienne, 1903.
 - Synthèse des Alpes. Paris, 1906.
 - Sur la genèse des terrains cristalloyphyllyens. C. R. XI^e Congr. géol. Intern. Stockholm, 1910.
 - Les Problèmes de la Géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale. 1911.
 - L'Atlantide. Bull. Inst. Océanogr. Paris, 1913.

- TERMIER, P., Les Océans à travers les Ages. Ebenda 1920.
- Les grandes Enigmes de la Géologie. Rev. Questions scientifiques 1920.
 - État actuel de nos Connaissances sur la Tectonique du Plateau Central Français. C. R. XIII^e Congr. géol. intern. 1922.
 - A la Gloire de la Terre. Paris, 1922.
 - La Déformation de la Surface terrestre au cours des Ages. Bull. Soc. Industr. Mulhouse, 1923.
 - La Dérive des Continents. Bull. Inst. Océanogr. Paris. 1924.
 - Que faut-il penser de la Terre? Rev. Questions scientifiques 1926.
 - Quelques récents Progrès de la Géologie. Rev. Mensuelle, «Le Puits qui parle».
 - Quelques résultats du congrès de l'Assoc. Carpathique tenu à Bucarest en septembre 1927. C. R. Ac. Sc. Paris, 1927.
- TILMANN, N., Zur Tektonik des Südapennins. Geol. Rundschau, Bd. III. 1912.
- Die Struktur und tektonische Stellung der kanadischen Appalachen. Niederrhein. Ges. f. Naturw. Bonn, 1916.
 - Tektonische Studien in der Catena metallifera Toscanas. Steinmann-Festschr. Geol. Rundsch. 1926.
- TOBLER, A., Über Deckenbau im Gebiet von Djambi (Sumatra). Verh. Naturf. Ges. Basel, 1917.
- Djambi-Verslag. Uitkomsten van het geologisch-mijnbouwkundig Onderzoek in de Residentie Djambi, 1906—1912. Algem. Landsdr. s'Gravenhage, 1922.
 - Djambi-Verslag. Kartenbeilagen, Ebenda.
- TRABERT, A., Kosmische Physik.
- UHLIG, V., Bau und Bild der Karpathen, in SUESS Bau und Bild Österreichs. Congr. geol. int. Wien, 1903.
- Über die Tektonik der Karpathen. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 1907.
- VOITESTI, J. POPESCU, La Nappe du conglomérat de Bucegi dans la Vallée de l'Oltul. Ann. Inst. geol. Roman. 1918.
- Aperçu général sur la Géologie de la Roumanie, Synthèse des Carpathes orientales. Ann. des Mines de Roumanie 1921.
- WANNER, S., Zur Tektonik der Molukken. Geol. Rundschau 1921.
- WEBER, M., Faltengebirge und Vorlandbrüche. Geol. Rundschau 1927.
- WEGENER, A., Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunschweig, 1922.
- WETTSTEIN, H., Die Strömungen des Festen, Flüssigen und Gasförmigen und ihre Bedeutung für Geologie usw. Zürich 1880.
- WILCKENS, O., Die Grundzüge der tektonischen Geologie. Fischer, Jena, 1912.
- Die Geologie von Neuseeland. Geol. Rundsch., Bd. VIII, 1917.
 - Neu-Seeland und Neu-Kaledonien. Ebenda, Bd. XVII, 1926.
- WILLIS, B., Research in China. Washington 1907,
- Principles of Palaeogeography. Sc. 31 N. S. 1910.
- v. WOLFF, F., Der Vulkanismus. Enke, Stuttgart, 1914.
- WURM, A., Über den Bauplan des variskischen Gebirges am Westrand der Böhmischen Masse. Geol. Rundschau, Bd. XVII, 1926.
- ZUNKER, FERD., Probleme der Erde und ihre Lösung durch das Gesetz von der Umwandlung der Rotationsenergie. Sonderabdr. „Der Kulturtechniker“, Breslau, 1925.

Handbuch der regionalen Geologie

- BLACKWELDER, E., United States of North America. 1912.
- BÖGGILD, B. O., Grönland. 1917.
- DOUVILLÉ, R., La péninsule ibérique, Espagne 1911.
- GAGEL, C., Die mittelatlantischen Vulkaninseln. 1910.

- HÖGBOM, A. G., Fennoskandia. 1913.
 LEMOINE, P., Afrique occidentale. 1913.
 LEUCHS, K., Zentralasien. 1916.
 MARSHALL, P., New Zealand and adjacent Islands. 1911.
 — Oceania. 1911.
 NORDENSKJÖLD, O., Antarktis. 1913.
 — Die nordatlantischen Polarinseln. 1921.
 OSWALD, F., Armenien. 1912.
 PARKINSON, J., English Colonies on West Coast of Africa and Liberia. 1913.
 PHILIPPSON, A., Kleinasien. 1918.
 PJETURSS, H., Island. 1910.
 SMITH, W. D., The Philippine Islands. 1910.
 STAHL, A. F., Persien. 1911.
 — Kaukasus. 1923. (Mit Beiträgen von WALTHER STAUB.)
- Carte géol. du Turkestan. 1:1680000. 1925. Geol. Comit. Leningrad.
 Harta Geologică a României. Institutul Geologic al României. 1:1500000. 1926.

Verzeichnis der Textfiguren

	Seite
Fig. 1. Die Gliederung des alpinen Raumes in Vorland, Tethys und Rückland .	9
„ 2. Die Nordüberschiebungen der Betischen Kordillere Spaniens	10
„ 3. Das Vorwandern des alpinen Rücklandes im Raume Spanien-Marokko .	10
„ 4. Die Deformation der alpinen Geosynklinale zwischen Trias und oberem Jura im Querschnitt Graubündens	12
„ 5. Der Verlauf der alpinen Orogenese in den Westalpen, nach ARGAND .	13
„ 6. Profil durch den Hohen Atlas westlich des Col de Telouet	14
„ 7. Die Bildung der alpinen Gebirge Europas, nach R. STAUB, 1924 . . .	15
„ 8. Stellung und Rolle der Zwischengebirge, nach KOBER	16
„ 9. Die Einseitigkeit der alpinen Gebirge, nach KOBER	18
„ 10. Beugung, Kettung, Scharung, Virgation	20
„ 11. Der Zusammenschub der alpinen Geosynklinale durch den Nordstoß Indo-Afrikas, nach R. STAUB, 1917	22
„ 12. Die Gliederung der jungen Gebirge der Erde, nach E. SUESS	23
„ 13. Der Zusammenhang der jungen Gebirge der Erde, nach E. HAUG . .	24
„ 14. Die orogenen Ringe LEOPOLD KOBERS	25
„ 15. Die Deutung der jungen Gebirge der Erde, nach A. WEGENER und E. ARGAND	27
„ 16. Der Nordmarsch Gondwanas und die Bildung der eurasiatischen Gebirge, nach R. STAUB	29
„ 17. Carte tectonique de l'Eurasie, von EMILE ARGAND	31
„ 18. Die orogene Zone des Mittelmeeres	33
„ 19. Der Deckenbau der Alpen	50
„ 20. Der alpine Nordstoß im Alaigebirge, nach MUSCHKETOW	60
„ 21. Die Leitlinien Südostasiens, nach H. A. BROUWER	71
„ 22. Die Beziehungen der europäischen Vorlandgebirge zum Alpen-Karpathenbogen	88
„ 23. Die Beziehungen der Gebirge Neu-Guineas und des Himalayasytems zum malayisch-burmanischen Bogen	88

	Seite
Fig. 24. Westeuropa und Molukkensee	90
" 25. Das alpine System der Erde	121
" 26. Schema und Deutung der alpinen Leitlinien der Erde	126
" 27. Die alpinen Leitlinien des atlantischen Ozeans	128
" 28. Die Ursachen der frühen andinen Paroxysmen	151
" 29. Der Schalenbau der Erde	156
" 30. Beispiel der schwachen ophiolithischen Differenziation aus der penninischen Geosynklinale der Alpen	158
" 31. Schema der Ablösung eines Trabanten	164
" 32. Die alpine Polflucht im Großkreis Europa-Afrika	175
" 33. Die Fronten Laurasias und Gondwanas zu Beginn der alpinen Orogenese	179
" 34. Der herzynische Grundplan Europas	186
" 35. Schematisches Generalprofil durch die Herzyniden Deutschlands	189
" 36. Die Verdrängung der subkrustalen Massen unter einem einfach gebauten Gebirge von Vorlandtypus	203
" 37. Die Verdrängung der subkrustalen Massen unter einem Deckengebirge von alpinem Typus	204
" 38. Der Verlauf eines orogenen Zyklus	210
" 39. Die Beziehungen der alpinen Hauptlinien Europas zum herzynischen Bau	215
" 40. Die Fronten Laurasias und Gondwanas zu Beginn der herzynischen Orogenese	226
" 41. Das kaledonische Hauptsystem der Nordhalbkugel	230
" 42. Das Wechselspiel von Polflucht und Poldrift zwischen Kambrium und Jetztzeit	238
" 43. Diagramm des irdischen Bewegungsrhythmus zwischen Algonkium und Quartär	249
" 44. Entstehung eines orogen aktiven Geosynkinalstroms	255

Erläuterungen zu Tafel I

Untereinheiten Laurasias und Gondwanas

A. Laurasia

- I' = Nordamerikanische Masse
- II' = Grönländischer Block
- III' = Isländische Scholle
- IV' = Irische Scholle
- IV₁' = Westgallische Scholle
- IV₂' = Ostgallische Scholle
- V' = Fennoskandinavischer Block
- VI' = Russischer Block
- VII' = Tafel der Barentssee
- VIII' = Scholle der Spitzbergensee
- IX' = Karische Masse
- X' = Westsibirischer Block
- XI' = Sibirische Plattform
- XII' = Ostsibirischer Block

B. Gondwana

- I'' = Brasilisch-argentinische Masse
- II'' = Südatlantischer Rücken
- III'' = Scholle Westafrikas
- IV'' = Transafrikanischer Block
- V'' = Arabische Masse
- VI'' = Scholle Ostafrikas
- VII'' = Block Madagaskars
- VIII'' = Scholle der Maskarenen
- IX'' = Malediven-Tschagosrücken
- X'' = Indischer Block
- XI'' = Australische Masse
- XII'' = Antarktische Scholle

Zentrale Zwischengebirge

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 = Vancouverscholle | 14 = Masse von Martaban |
| 2 = Südkalifornische Masse | 15 = Block von Kambodja |
| 3 = Block der Bartlett-Yukatantiefe | 16 = Block der Javasee |
| 4 = Karaibische Masse | 17 = Masse der Sunda-Floressee |
| 5 = Block der N-Kapverdenmulde | 18 = Block der Celebessee |
| 6 = Algerobetische Masse | 19 = Masse der Sulusee |
| 7 = Tyrrhenische Masse | 20 = Marianenblock |
| 8 = Pannonische Scholle | 21 = Block des Japanischen Meeres |
| 9 = Rhodopemasse | 22 = Scholle des Bismarckmassivs |
| 10 = Kleinasiatische Massen | 23 = Salomonsmassiv |
| 11 = Blöcke von Iran | 24 = Westmelanesische Masse |
| 12 = Masse von Tibet | 25 = Ostmelanesische Masse |
| 13 ₁ = Masse von Setschuan | 26 = Block der Karolinensee |
| 13 = Südchinesische Scholle | |

Randliche Zwischengebirge**A. Laurasiatische**

- 1' = Zwischengebirge von Alaska
 2' = Zwischengebirge des Great Basin
 3' = Coloradoplateau
 4' = Westportugiesisches Becken und spanische Meseta
 5' = Walacho-Pontische Masse
 6' = Südkaspischer Block
 7' = Scholle des Tarimbeckens
 8' = Masse von Tsaidam
 9_i = Block von Ordos } Sinische
 9' = Mandschurischer Block } Masse
 10' = Ochotische Masse
 11' = Block Nordostasiens
 12' = Scholle der Nordenskjöldsee

B. Gondwanische

- 1'' = Bolivianische Masse
 2'' = Block der S-Kapverdenmulde
 3'' = Marokkanische Meseta
 4'' = Block der Adria
 5'' = Kretische Masse
 6'' = Omanische Scholle
 7'' = Block der Timor-Savusee
 8'' = Nordblock der ostaustralischen Masse
 9'' = Südblock der ostaustralischen Masse

D = Dsungarei, M = Mongolei, G = Gobi, A = Alaschan.

Der Bau der Erde von Professor **Dr. L. Kober**. Mit 46 Textfiguren und 2 Tafeln. (IV u. 324 S.) 1921 Gebunden 17.25

Die Gestaltungsgeschichte der Erde von **Dr. Leopold Kober**, a. o. Prof. der Geologie an der Universität Wien. (Bd. 7 der Sammlung Borntraeger.) Mit 60 Fig. im Text und 1 Übersichtskarte. (VII u. 200 S.) 1925 Gebunden 7.50

Bau und Entstehung der Alpen von Prof. **Dr. Leopold Kober**. Mit 102 Textabbildungen und 8 Tafeln. (IV u. 283 S.) 1923 Gebunden 20.25

Über die Bedingungen der Gebirgsbildung von Professor **Dr. K. Andrée**. Mit 16 Textabbildungen. (VIII u. 101 S.) 1914 Geheftet 4.80

Grundzüge der geologischen Formations- und Gebirgskunde von Professor **Dr. A. Tornquist**. Mit 127 Textabbildungen. (VI u. 296 S.) 1913 Gebunden 12.—

Die alpine Faltung, ihre Anordnung in Raum und Zeit von **Dr. Hans Jenny**. Mit 25 Textabbildungen, 1 Tabelle und 3 Tafeln. (VIII u. 176 S.) 1924 Geheftet 12.—

Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen (Granittektonik) von Prof. **Dr. Hans Cloos**.

I. Spezieller Teil: **Das Riesengebirgsmassiv in Schlesien**. Bau, Bildung und Oberflächengestaltung. Mit 75 Textabbildungen, 4 Tafeln und 1 Titelbild. (XII u. 194 S.) 1925 Geb. 16.50

Intrusionstektonik und Wandertektonik im variszischen Grundgebirge

von Professor Dr. Franz Ed. Suess. Mit 28 Textbildern und 2 Tafeln.
(VIII u. 268 S.) 1926 Gebunden 23.—

Vorwort

Inhalt

- I. Allgemeine Gliederung der variszischen Horste
 - II. Die Zone der Intrusionstektonik
 - III. Tektonische Gesteinsfazies und tektonischer Bau
 - IV. Die moldanubische Scholle: 1. Die Kataschiefer und ihre Herkunft; 2. Die Lagerungsverhältnisse und die Beziehungen zu den Batholithen; 3. Die Stellung des mittelböhmisches Faltengebirges; 4. Schiefer-Inseln im Granit; 5. Vermutliches Alter der moldanubischen Schiefer; 6. Verschieferungszonen in der moldanubischen Scholle; 7. Übersicht
 - V. Die oberrheinischen Horste: 1. Merkmale der Intrusionstektonik; 2. Nördliche und südliche Randzonen; 3. Überschiebungen und Mylonite; 4. Hauptgliederung des Baues
 - VI. Der erzgebirgische Bau: 1. Grenzen; 2. Die Gneiskuppeln im Osten; 3. Der Westen und das Tepler Hochland, Anschluß an die moldanubische Scholle; 4. Vorgelagerte Deckschollen; 5. Das Granulitgebirge und seine tektonische Stellung; 6. Anschluß an das Elbtalschiefergebirge und die mittelsächsische Überschiebung; 7. Übersicht
 - VII. Odenwald und Spessart
 - VIII. Das französische Zentralplateau
 - IX. Die Sudeten: 1. Die Umgrenzung und Gegensätze, der lugische Bau; 2. Die innersudetische Leistenscholle; 3. Die mittelsudetische Leistenscholle; 4. Die vorsudetische Leistenscholle; Übersicht über den lugischen Bau
 - X. Der moravo-silesische Bau: 1. Die moravischen Fenster; 2. Die moldanubische Fernüberschiebung; 3. Das silesische Gebirge; 4. Beziehungen zwischen dem moravischen und dem silesischen Bau; 5. Vergleich mit dem Erzgebirge; 6. Beziehung zu den sudetischen Brüchen und die Bedeutung der Boskowitz Furche; 7. Weitere Fragen
 - XI. Die Wandertektonik: 1. Das alpin-dinarische Bewegungsbild im variszischen Bau; 2. Intrusionen und Orogenese; 3. Der Anschluß des lugischen Baues und seine Deckschollen; 4. Die regionale Bedeutung der Intrusionstektonik; 5. Anzeichen der passiven Bewegung in den Intrusionsschollen; 6. Die Frage der Fernverfrachtung der moldanubischen Scholle; 7. Faziesgebiete und Transgressionen; 8. Die Verbreitung der permischen Ergüsse; 9. Die Hauptbewegung der variszischen Grundschollen und die Zergliederung nach der asiatischen Richtung; 10. Die Sonderstellung des moravo-silesischen Baues; 11. Das Tiefenbild der Wandertektonik.
- Wichtigste benutzte Literatur

Grundfragen der vergleichenden Tektonik

von Professor Dr. H. Stille
(Göttingen). Mit 14 Textabbildungen. 443 S. 1925 Gebunden 25.50

Das zur Besprechung gelangende Werk von Stille ist nicht nur für den Tektonik betreibenden Geologen, sondern für jeden, der sich mit der naturgemäß auf geologischer Grundlage arbeitenden Morphologie beschäftigt, ein Hauptwerk ersten Ranges, ausgezeichnet durch die hervorragende Klarheit der Gliederung des Stoffes, durch die Festlegung von wichtigen und oft in ihrer Bedeutung verschiednen gehandhabten Begriffen, durch die ungeheure Masse des verarbeiteten, kleineren Instituten unzugänglichen Literaturmaterials, durch die Fülle neuer Gedanken und durch die glänzende Darstellung. Stille sichtet durch vergleichende Betrachtung von möglichst vielen Einzelgebieten die Erscheinungsform, faßt Zusammengehöriges zusammen.

In dem vorstehenden Referat konnte nur ein kleiner Teil des reichen Inhaltes des Buches von Stille angedeutet werden. Es wäre im Interesse der Sache sehr zu wünschen, wenn die Morphologen sich mit dem Inhalte des Werkes vertraut machen würden und dann, wie ja in der Natur der Sache liegt, zu Stilles hervorragenden Auseinandersetzungen Stellung nehmen würden; denn gerade die morphologische Betrachtungsweise ist imstande, viele Gedankengänge Stilles aufzugreifen und darauf weiter zu bauen. Fr. Heritsch.

551.43 S79



a39001

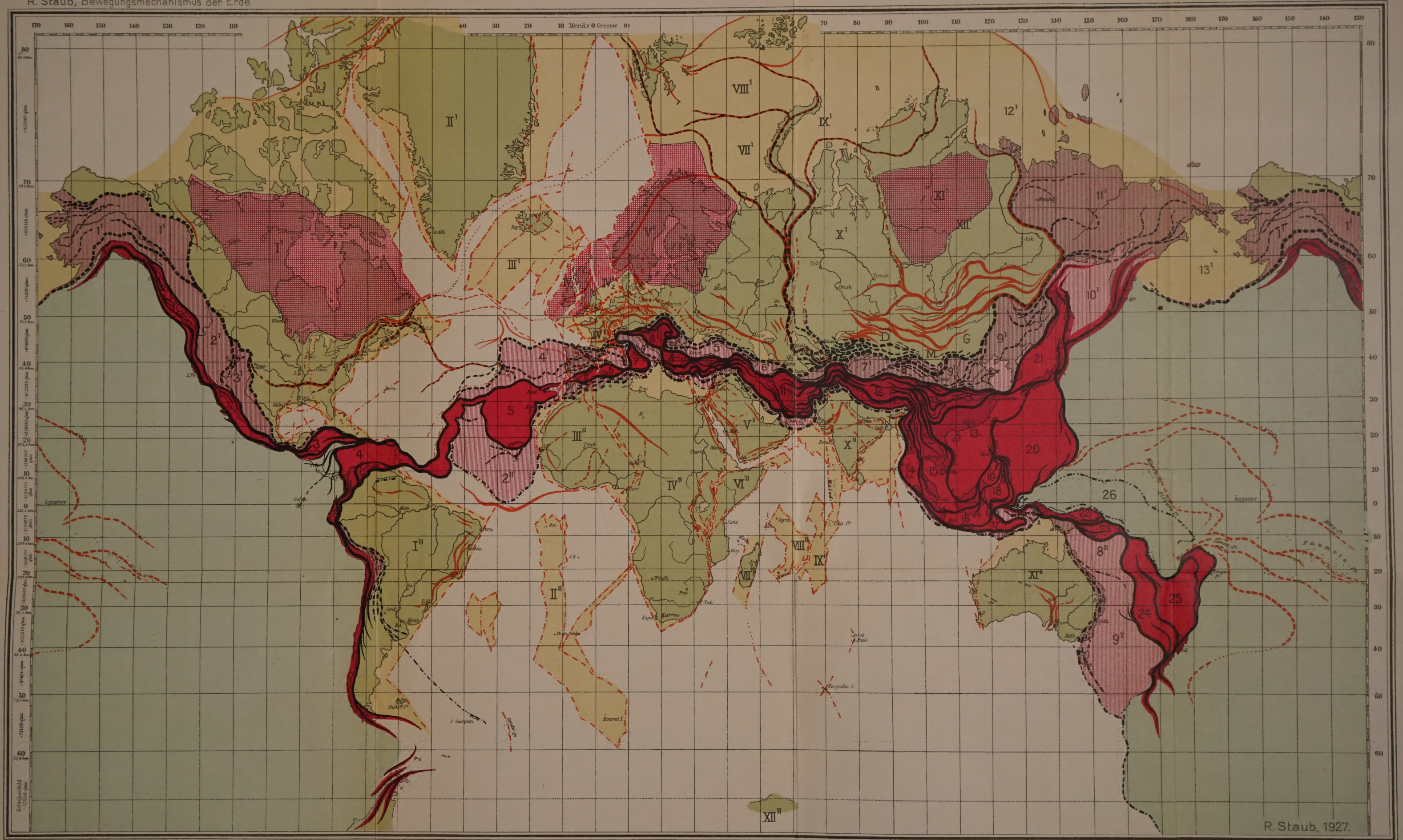


007039392b

DIE ALPINEN LEITLINIEN IM BAU DER ERDE

ZUSAMMENGESETZT
VON RUDOLF STAUB 1927

R. Staub, Bewegungsmechanismus der Erde



R. Staub, 1927.

Nähere Erläuterung am Schluss des Textes (p. 269.)

- | | | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|---|
| Alpines Zentralorogen
Alpiden u. Dinariden, Hauptkette d. Anden, Sierra Nevada-Coastranges, Innere Ozeaniden, ostasiatische Randbogen. | Gondwanische Randketten d. alpinen Orogens
Ostkordillieren der Anden, Atlas-u. Libanon-system, Arabo-indische Randketten, Timor, Australische Kordillere. | Zentrale Zwischengebirge,
Typus Ungarn, u. alpinen Zentralorogen i.A. | Vor-u. Rücklandblöcke Laurasias und Gondwanas
 | Schwächere alpine Contrecoups in den Schollen
Gondwanas u. Laurasias, Appalachen, Gallo-Germaniden, Sibirische Gebirge, etc. | Bruchsysteme Gondwanas u. Laurasias
Zersplitterung der starren Schollen | Pazifischer Block
 |
| Laurasitische Randgebirge d. alpinen Orogens
System der Rocky-Mountains, Iberiden, Kaukasus-u. Tianschansystem incl. Uraliden, Ochotische Gebirge. | Randgebirge des Pazifischen Blockes
Karolinenbogen | Randliche Zwischengebirge,
Typus Spanien u. Marokko. | Sibirische Plattform, Keltisch-fennoskandischer Block, Kanadischer Schild.
 | Alpine Vorlandmulden Europas
Paris, Kanal-Norddeutschland-Südrussland. | Mutmassliche Verbindung der europäischen u. nordamerikanischen Hercyniden
 | Intrapazifische Contrecoups der alpinen Schübe
 |
| Niedergebrosene, gedehnte u. zerrissene Teile Gondwanas u. Laurasias im Atlantischen und Indischen Ocean
 | | | | | | |

